

Universitat Jaume I de Castelló



ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO  
RESISTENTE DE BÓVEDAS TABICADAS A ESCALA  
EN LABORATORIO. EVALUACIÓN DE POSIBILIDADES  
DE REFUERZOS

PROYECTO FINAL DE GRADO EN  
ARQUITECTURA TÉCNICA

José Pallarés Marzá

2015

Universitat Jaume I de Castelló

GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

PROYECTO FINAL DE GRADO

ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO  
RESISTENTE DE BÓVEDAS TABICADAS A ESCALA  
EN LABORATORIO. EVALUACIÓN DE POSIBILIDADES  
DE REFUERZOS

Autor

José Pallarés Marzá

Tutor/a o Tutores/as

MARÍA DOLORES MARTÍNEZ RODRIGO

ÁNGEL MARÍA ALBERT ESTEVE

2015

## *Agradecimientos:*

El desarrollo de este proyecto no hubiese sido posible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado la labor para que este trabajo llegase a su fin. Por ello es un verdadero placer ser justo y expresar mis agradecimientos.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Enrique Padrones por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de este proyecto. Le agradezco el haberme facilitado siempre los medios suficientes para alcanzar los objetivos previstos. Debo destacar su disponibilidad y paciencia que han enriquecido el trabajo realizado.

Debo agradecer a Ángel María Albert Esteve cuya dirección me permitió dar mis primeros pasos en el desarrollo de este proyecto, además de ser una fuente inagotable de conocimientos sobre el tema. Por guiarme en este camino y ayudarme en todo momento.

A María Dolores Martínez Rodrigo por su amabilidad y efectiva colaboración durante la realización del trabajo. Le agradezco también sus siempre atentas y rápidas respuestas a las diferentes inquietudes surgidas. Su colaboración fue de gran ayuda, lo cual se ha visto reflejado en muchos de los resultados obtenidos. Su capacidad para guiar mi trabajo ha sido un aporte invaluable.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo va para mi familia, han tenido que aguantar mis despistes y malhumores, sobre todo este último mes. Sin su apoyo y colaboración habría sido imposible llevar a cabo este proyecto. Para vosotros.

**Muchas gracias.**

## RESUMEN:

La bóveda tabicada, elemento constructivo tan utilizado en nuestro entorno como resultados satisfactorios nos ha ofrecido y sin embargo tantas incógnitas la rodean en cuanto a sus orígenes y su comportamiento mecánico. Yeso, ladrillos y la destreza del albañil hacen posible la construcción de un elemento estructural sin la necesidad de cimbra, valoradas por su facilidad de construcción, elevada resistencia, y sobre todo, su menor peso, permitiendo reducir considerablemente los muros de contrarresto.

El proyecto persigue evaluar, mediante ensayos experimentales, 16 bóvedas de idéntica geometría, a una vuelta, ejecutadas con ladrillo cerámico hueco colocado a panderete y tomados con yeso. Para la ejecución material de los especímenes a escala de laboratorio se ha prestado especial atención en describir un procedimiento a seguir tanto para la ejecución de las bóvedas (amasado del yeso, colocación de ladrillos y ejecución de los refuerzos), como para el sistema de adquisición de los datos. Se ha evaluado el efecto de diferentes tipos de refuerzos de uso generalizados en la construcción. En todo caso, también se han detectado deficiencias menores de cara a la mejora continua.

Tras el análisis comparativo de los valores de fuerza registrado en los ensayos, observamos que todos los refuerzos aplicados le proporcionan una resistencia adicional al sistema constructivo original, considerando éste las bóvedas sin refuerzo que solo cuentan con un revestimiento superficial de 10 mm de yeso.

En un principio con el esparto, conseguimos multiplicar la resistencia. Pasando de los 0,62 KN en los ensayos sin refuerzo (RY1) hasta alcanzar los 2,49 KN en los refuerzos mediante la aplicación de esparto (RY4).

En los refuerzos de malla de fibra de vidrio (RY2 y RY3) y la malla metálica (RY5) obtenemos valores muy similares, las cargas medias de rotura están comprendidas entre los 4,4 KN y 4,7 KN, multiplicando por 7,5 la resistencia, tomando siempre como base las bóvedas sin refuerzo.

Por último el refuerzo mediante fibras de carbono nos ofrece un considerable aumento en la propiedades mecánicas del sistema constructivo, presentando una resistencia superior a 13 veces la obtenida en las bóvedas de partida.

Se espera que los resultados obtenidos puedan servir como punto de referencia en la realización de campañas posteriores.



## ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| 1.OBJETIVOS .....   | 6   |
| 2.EVOLUCIÓN HISTÓRICA .....   | 7   |
| 2.1 Origen de la bóveda tabicada.....                                   | 7   |
| 2.2 Convento de Santo Domingo de Valencia.....                          | 10  |
| 2.3 Iglesia de San Jaime de Villarreal.....                             | 11  |
| 2.4 Descripción bóveda tabicada. ....                                   | 15  |
| 2.5 Formas de construir la bóveda tabicada.....                         | 19  |
| 2.6 Rafael Guastavino .....   | 24  |
| 3. MÉTODOS DE CÁLCULO. ....   | 27  |
| 3.1 Cálculo tradicional de estructuras tabicadas. ....                  | 27  |
| 3.2 Equilibrio de arcos tabicados. Líneas de empujes. ....              | 31  |
| 3.3 Análisis elástico de bóvedas tabicadas.....                         | 31  |
| 3.4 Software Carybo.....  | 32  |
| 4. ENSAYOS DE ESTRUCTURAS TABICADAS.....                                | 34  |
| 5. DESCRIPCIÓN DE LA BÓVEDA CURVA CATENARIA. ....                       | 36  |
| 5.1 Introducción. ....  | 36  |
| 5.2 Arco catenario. ....  | 37  |
| 5.3 Método de cálculo curva catenaria. ....                             | 39  |
| 5.4 Cálculos de la curva catenaria.....                                 | 42  |
| 6. CAMPAÑA EXPERIMENTAL. ....   | 44  |
| 6.1 Descripción de la bóveda tabicada objeto de estudio.....            | 44  |
| 6.2 Tipología de bóvedas tabicadas objeto de estudio. ....              | 45  |
| 6.3 Ejecución material de las bóvedas tabicadas.....                    | 46  |
| 6.4 Aplicación de refuerzos en las bóvedas.....                         | 53  |
| 6.5 Fichas técnicas y características de los materiales empleados. .... | 58  |
| 6.6 Planos y detalles de la ejecución material. ....                    | 75  |
| 6.7 Planificación de los ensayos. ....                                  | 80  |
| 6.8 Fichas ejecución material. ....                                     | 81  |
| 7. EJECUCIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO.....                             | 130 |
| 7.1 Sistema aplicación de la carga. ....                                | 130 |
| 7.2 Situación puntos de medida.....                                     | 132 |
| 7.3 Sistema adquisición de datos.....                                   | 133 |
| 8. RESULTADOS.....  | 142 |
| 8.1 Fichas de resultados individuales .....                             | 142 |
| 8.2 Gráficas comparativas .....   | 175 |
| 9. CONCLUSIONES. ....   | 182 |
| 10. FUTUROS DESARROLLOS. ....   | 191 |
| 11. PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL .....                                | 192 |
| 12. BIBLIOGRAFÍA. ....  | 200 |
| 13. ENLACES VIDEOS.....   | 205 |

## 1.OBJETIVOS

---

El presente proyecto pretende analizar mediante ensayos experimentales el comportamiento resistente de bóvedas tabicadas a escala en laboratorio y evaluar diferentes posibilidades de refuerzos.

- o Analizar de forma experimental el comportamiento mecánico ( capacidad portante y mecanismo de rotura) de bóvedas tabicadas de ladrillo hueco de una vuelta a escala en laboratorio. La consecución de este objetivo requerirá de tareas como:
  - Definición de variables de estudio: selección de parámetros a analizar y definición del conjunto de bóvedas a ensayar.
  - Planificación de la campaña experimental: forma de aplicar la carga ( pórtico de ensayos, nº de cargas a aplicar, puntos de aplicación, velocidad de actuación de la/s carga/s), tipo y numero de sensores a instalar, grabación de los ensayos, etc... .
  - Construcción de cimbras adaptadas a la curva catenaria objeto de estudio
  - Construcción de especímenes en talleres .
  - Realización de ensayos.
  - Postproceso de resultados.
- o Evaluación de posibilidades de diferentes refuerzos( yeso, yeso reforzado con fibras naturales, malla de fibra de vidrio y nuevos materiales con base de fibra de carbono, etc.... )
- o Análisis experimental del comportamiento mecánico ( capacidad portante y mecanismo de rotura) de bóvedas tabicadas de una vuelta reforzadas.
- o Obtención de conclusiones relativas al comportamiento mecánico de bóvedas tabicadas con y sin refuerzos y a la forma más adecuada de reforzarlas.

## 2.EVOLUCIÓN HISTÓRICA

### 2.1 Origen de la bóveda tabicada.

¿Siglo XIV ?, ¿siglo XV? , o ¿sus orígenes se remonta a edades más tempranas?.

El nacimiento de la bóveda tabicada sigue siendo una asignatura pendiente.

Yeso, ladrillos y la destreza del albañil hacen posible la construcción de un elemento estructural sin la necesidad de empleo de cimbra. Por tanto sus orígenes deben de estar en un lugar donde exista el conocimiento de las características propias de la bóveda tabicada.

La construcción de bóvedas sin cimbra es una técnica empleada en la cultura mesopotámica y sus derivaciones. Para conseguirlo utilizaban ladrillos más pequeños que los romanos, construyendo las bóvedas por hojas a rosca, inclinando y curvando las hojas de ladrillo para mejorar la adherencia . La bóveda tabicada no pudo nacer en un lugar que no se conociera el yeso, tanto su producción como su utilización. Su empleo fue abundante en las construcciones islámicas. Por último, la bóveda tabicada necesita el ladrillo, que se utilizó en múltiples aplicaciones desde épocas muy tempranas, pero su uso en construcción de muros y bóvedas se generalizó en la zona mediterránea.

La bóveda tabicada, elemento constructivo tan utilizado en nuestro entorno como resultados satisfactorios nos ha ofrecido y sin embargo tantas incógnitas la rodean en cuanto a sus orígenes y su comportamiento mecánico.

Recientes estudios arqueológicos sobre los restos de una bóveda de escalera encontrada en la ciudad *Síyasa* ( Cieza) en Murcia ( Almagro 2001, Navarro y Jiménez 2007, Arturo Zaragoza 2011) datan que su origen se remonta a finales del siglo XII principios del XIII. Según describe Arturo Zaragoza, *los restos encontrados forman parte de una bóveda realizada con ladrillos de una hoja que arranca sobre un macizo de fabrica de mampostería , se conservan dos ladrillos de la primera hilada, uno casi entero de la segunda y un trozo de la tercera*. Los ladrillos están colocados disponiendo la longitud más larga paralela al arranque de la escalera. Esta técnica de colocación de los ladrillos no corresponde a la desarrollada siglos posteriores, cuando el uso de bóvedas tabicadas de escalera era un sistema generalizado en las construcciones.

Este hallazgo no es un caso aislado, recientemente también se han encontrado los restos de una bóveda tabicada de las mismas características en una de las torres de las murallas de Xàtiva (Valencia), en este caso no se dispone de su datación.

Algunos de los autores consultados defiende su teoría basándose en restos arqueológicos encontrados en el levante español.

Este también es el caso de una serie de cúpulas con ladrillos colocados de plano encontradas en Sevilla, mencionadas por Manuel Fortea (2009). La más conocida de todas ellas es la capilla de Aznalcóllar, en la actualidad la capilla está parcialmente arruinada, pero se puede observar la colocación preestablecida de los ladrillos a los cuales se les otorga una función portante. Se desconoce la fecha de su construcción pero sí se relaciona a las construcciones de influencia hispano-musulmana. Continuando por la España musulmana, D. Leopoldo Torres Balbás describe unas bóvedas gallonadas en la Alhambra de Granada, emplazadas en la zona militar. Según describe, las aristas vivas que separan los gallones parecen hechas de ladrillo colocado en plano. Torres Balbás las data en la primera mitad de siglo XIV.

En la actualidad existe un debate abierto entre los investigadores que tratan de datar sus orígenes basándose en pruebas arqueológicas y los que por el contrario justifican su existencia analizando la documentación escrita de la que se dispone.

Philippe Araguas data el nacimiento de la bóveda tabicada en 1382, haciendo referencia a un documento en forma de carta firmada por el rey D. Pedro de Aragón el 22 de junio de 1382 en Alzira, donde se describe una nueva forma de construir empleando yeso y ladrillo. *“ Merino : fem vos saber que nos havem començat de fer obrar lo Real de Valencia e havem trobada una obra de guix e de rejola fort profitosa, fort espeegada e de pocha messió, per que us manan que façat venir Farayg e un del millor maestres que y sien per tal que vegem aquesta obra com se fa e que semblant la puscats fer aquí, e sí vos voliets e podiet venir ab ells per regonexer la dita e veure la a ull, fariets nos en gran plaer e servey”* (M. Gómez –Ferrer, 2011)

*<< Merino, os hacemos saber que hemos comenzado a construir el palacio de Valencia y hemos encontrado una fábrica de yeso y ladrillo muy conveniente, muy ligera y de poco gasto, por lo que os mandamos que hagáis venir a Faraig y a otro de los mejores maestros que se encuentran para que vean como se hace esta obra y de la misma forma la puedan repetir. Sí vos quisierais venir con ellos para conocer dicha obra y verla directamente nos daríais gusto y servicio>>* (Rubio y LLuch 1910, Araguas 1988, Araguas 2003, Gomez Ferrer 2003, Arturo Zaragoza 2011).

Según Arturo Zaragoza (2011), la construcción de la que se dispone una datación más temprana corresponde a la arquitectura valenciana de la primera mitad del siglo XIV. La sala capitular del convento de Santo Domingo de Xàtiva con fecha de su construcción entre 1329 y 1336. En el mismo convento también se encuentran las bóvedas de las pandas sur y oeste datados entre 1354 y 1360.

En la segunda mitad del siglo XIV también encontramos el convento de Santo Domingo de Valencia que según la documentación existente permiten datar en 1382 su construcción. La colocación de los ladrillos que forman la bóveda tabicada no siguen ningún orden preestablecido, careciendo de capacidad portante, ésta misión se le confía a unos nervios de piedra.



*Cúpula de la capilla cementerio de Aznalcóllar, donde se puede apreciar con claridad la colocación de los ladrillos, las hiladas de plano y las de canto*  
fuente: Manuel Fortea Luna



*Convento de Santo Domingo, Valencia.  
El inicio de la plementería está ejecutado a rosca, el resto tabicado*  
fuente: Manuel Fortea Luna

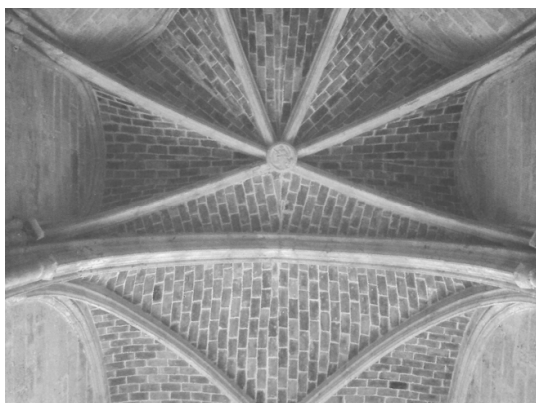
Muchas son las dudas que quedan por resolver sobre el origen de la bóveda tabicada, sin embargo algunos investigadores sí señalan que en el siglo XV esta técnica estaba extendida por el reino de Aragón, prueba de esto son algunos contratos de obra que se conservan.

## 2.2 Convento de Santo Domingo de Valencia.

Según las últimas investigaciones, una de las primeras bóvedas tabicadas de las que se tiene constancia mediante documentación escrita, son las capillas de los Jofre, anexada al claustro del convento de Santo Domingo de Valencia, del siglo XIV. En la actualidad el edificio está destinado a un complejo de administración militar. En el contrato de obra se especifica el sistema constructivo de los abovedamientos : << *les dos voltes de la dita capela de dos raïoles dobles de pla* >> ( Gomez Ferrer, 2003).

En algunas de las capilla se puede observar unas bóvedas de crucería con la disposición de las hilada de ladrillos desiguales, sin ningún orden preestablecido, que van formando la bóveda tabicada.

Estas bóvedas son empleadas para cubrir las plementerías entre los nervios formados por piedra labrada, careciendo de capacidad portante, ésta misión se le otorga a dichos nervios.



\* Capilla de los Jofre., en el convento de Santo Domingo.

fuelle : (Gómez Ferrer ,2003. Esther Redondo , 2013.)

En la imagen de la derecha se puede apreciar el inicio de la plementería esta realizado con los ladrillos colocados ha rosca, el resto tabicado (panderete)



\* Convento de Santo Domingo. Valencia.

fuelle : Manuel Fortea (2009)



## 2.3 Iglesia de San Jaime de Villarreal

Una de las iglesias a las que quiero prestar especial atención es la Iglesia de San Jaime de Villarreal, a la que gracias a Ángel María Albert pude visitar en persona, aventurarme entre los callejones de los tabiquillos trasdosados a la cúpula y descubrir el esqueleto artesano que esconden las bóvedas tabicadas de doble casco.

La iglesia se construyó a partir de 1753 siguiendo el tipo de iglesia columnaria de tres naves a la misma altura, con cabecera recta, girola y un tejado a dos aguas, diseñada por el Arquitecto aragonés Juan José Nadal.



Juan José Nadal fue un arquitecto al que se le atribuyen numerosas construcciones, nació en Belchite (Zaragoza) en 1690 y falleció en Torreblanca (Castellón) en 1763. Según los investigadores, Nadal es antepasado de Rafael Guastavino Moreno, arquitecto que contribuyó en gran medida al desarrollo de la bóveda tabicada.

Nadal se ve obligado a especificar que *“las Medias naranjas que se azen es todo este Reyno la mas que le den de casco es medio palmo, pero a esta le doy un palmo y dos tercios, y un tabique de dos falfas, por dentro, y de un palmo de hueco entre las dos, para que la humedad de arriba no penetre por lo interior pues en este país se quitan las aguas sin madera”*, (Gil 2004, Zaragorá 2011)



\* Iglesia de San Jaime, fotografía tomada durante la visita

La iglesia se levantó con la ejecución de dos capas de arcos fajones de ladrillo macizo de rosca, siguiendo con bastante fidelidad los planos del Arquitecto Juan José Nadal.

La primera bóveda es de medio punto y forma parte de un complejo sistema constructivo entre bóveda y tabíquillos, aportándole funciones higrotérmicas y resistentes. Sobre ésta se alza otra bóveda más apuntada para crear la cubierta. Esta solución fue muy extendida en las bóvedas de las naves.

Su cúpula del crucero, cuyos estudios publicó R. Soler y A. Soler (2001), que *posee ocho lunetos, es de traza circular en su interior y octogonal en su exterior, con un diámetro de 12 metros*. En su intradós se puede observar los ocho nervios sobre los que descansa la bóveda tabicada de ladrillo doble colocados a panderete.



*\* Ventana ubicada entre las dos bóvedas proporcionando iluminación y ventilación.*

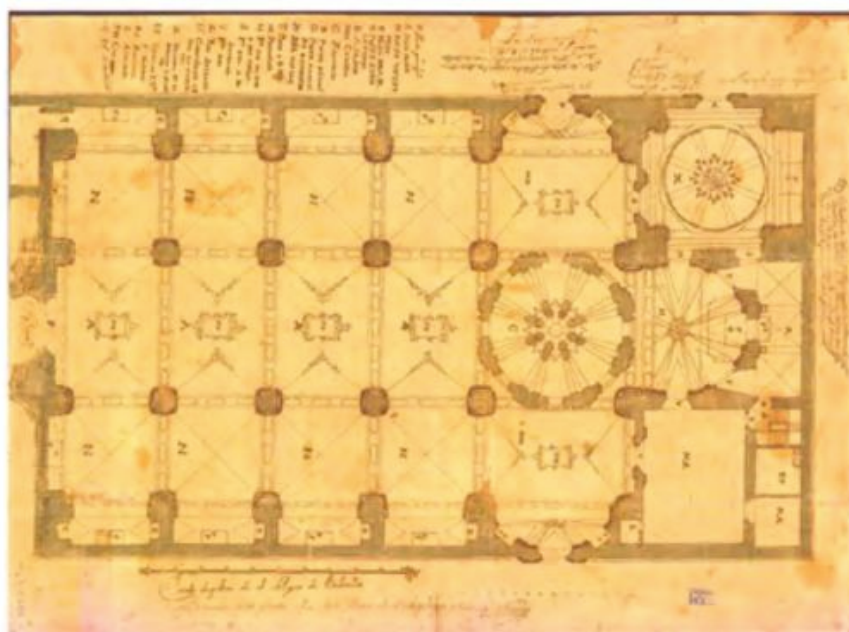




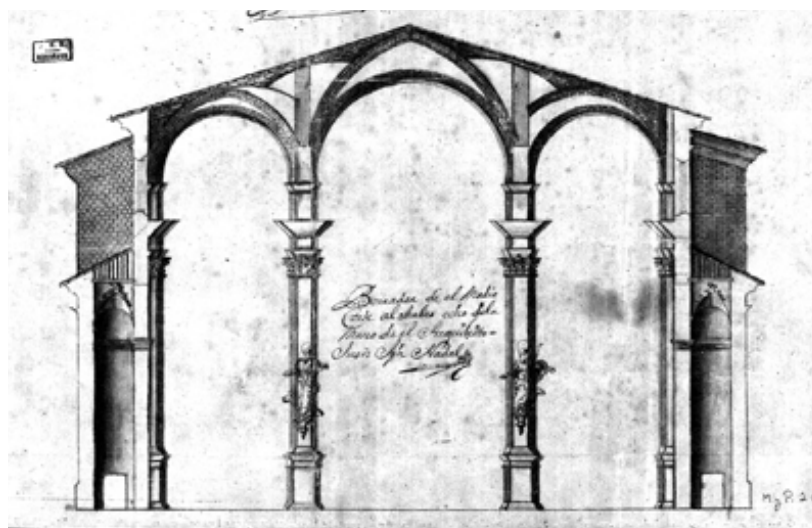
\* Bóveda tabicada sobre arcos fajones.



\* Desván de la nave central. En la fotografía se puede apreciar los nervios de ladrillo tabicado.



\*Planta de distribución del proyecto para la iglesia parroquial de sant Jaume de Vilareal (1753) .  
Arquitecto : Juan José Nada. Archivo Histórico Nacional. Consejos ,MDP 2655.  
Fuente: Fernando Vegas y Camilla Mileto ( 2011)



\* Sección de la iglesia de Vila-real. Dibujo realizado para la obra, con las cubiertas proyectadas con la bóvedas tabicadas y callejones. Archivo Histórico Nacional (MDP 2658).  
Fuente: Arturo Zaragozá ( 2011)

## 2.4 Descripción bóveda tabicada.

Las bóvedas tabicadas son aquellas en las que los ladrillos se disponen en plano o panderete y por lo general son de dos hojas conjuntas alternadas y un grueso intermedio de mortero. La bóveda tabicada se distingue esencialmente del resto de bóvedas en que actúan como láminas curvas y, debido a los materiales empleados en su construcción, puede prescindirse en la misma de la necesidad de cimbras pero si se emplean “formas” (cerchas ligeras), camones o cintreles diversos con el objeto de controlar la geometría de la bóveda, en particular cuando esta adquiere ciertas dimensiones o se desea una ejecución esmerada. Eran valoradas por su facilidad de construcción, elevada resistencia, y sobre todo, su menor peso, que permitía reducir considerablemente los muros y machones de contrarresto.

En estas bóvedas la primera hilada de ladrillos se toma con mortero de yeso. Las siguientes se toman bien con el mismo conglomerante, o con cal, o con cemento. Gracias al rápido endurecimiento, resistencia y adherencia de la pasta de yeso la bóveda no requiere de cimbra para su construcción. De hecho la primera capa sirve de cimbra perdida para las siguientes. Entre sus ventajas están la máxima ligereza y la notable rapidez de su construcción. Los materiales indispensables para su fabricación son el yeso y el ladrillo de escaso canto.

Esta hoja tabicada puede presentarse con numerosas variantes. Las formas pueden ser aristadas, de revolución, regladas o macladas. La hoja tabicada puede ser única o múltiple. Con frecuencia sirve de cimbra perdida a una bóveda dispuesta a rosca. Las bóvedas tabicadas se pueden construir con espesores muy pequeños. Lo normal es que sean de 2 hojas, unos 10 cm en total, incluyendo la capa intermedia de mortero y los recubrimientos, pero también se encuentran de una hoja (unos 5 cm). Las esbelteces, relación entre el radio de curvatura y la luz, se encuentran en torno a 100, pero las hay mucho más esbeltas. También pueden salvar grandes luces, llegando a alcanzar los 33 m como el caso de la Catedral de San Juan el Divino.

### Bóveda de crucería:

Este sistema constructivo identificado con la arquitectura gótica, fue empleado hasta mediados del siglo XVII y lo podemos encontrar por la corona de Aragón y la de Castilla. En particular fue muy empleado en iglesias, capillas o salas capitulares de conventos. Por las cercanías las podemos encontrar en la iglesia del Salvador de Burriana, el convento de Santo Domingo en Valencia, la iglesia de Santa María en Sagunto y la iglesia de Santa María de Castellón que fue demolida entre 1936-1938, pero se conservan fotografías que demuestran que estaba construida con arcos cruceros de piedra labrada, sobre el que descansaba un manto tabicado de doble hoja.

Estas bóvedas se construían formando arcos que se cruzan diagonalmente en un punto central o clave, con nervios de piedra y la plementería con tabiques ligero, sin embargo también es fácil encontrar los nervios ejecutados con yeso o ladrillo aplanillado de forma decorativa. La cubierta en muchas ocasiones no forma parte de la bóveda, ésta se situaba trasdosada a la bóveda, apoyada generalmente sobre una estructura de madera.

Los nervios en ocasiones salen limpiamente desde el muro, sin apoyo de pilastra, llamados enjarjes. Este sistema de construcción conseguía ahorrar mucha madera de las cimbras pero en cambio se necesitaba una gran destreza en la labranza de las piedras.

No se tenía un especial cuidado en la colocación de las hiladas de ladrillo, en general el intradós de la plementería iba revestido. Por el extradós de la bóveda se han encontrado restos de ollas y cántaros



\* Iglesia de Santa María de Castellón (1409-1435) durante su demolición entre 1936-1938. Fotografía amablemente cedida por el director de Museo de BB.AA: de Castellón don Ferrán Olucha

Fuente : A. Zaragoza (2011)



### Bóveda de arista:

La bóveda de arista es la formada por la intersección perpendicular de dos bóvedas que generalmente eran de cañón, de igual flecha. Sus aristas son salientes hacia el interior de la bóveda. Las líneas de intersección dan lugar a un cuadrado perfecto cuando son bóvedas de igual altura, siendo entonces de crucería; y a un espacio rectangular cuando varían en la luz de las dos bóvedas.

Estas bóvedas fueron empleados desde la segunda mitad del siglo XV y durante el siglo XVI, su construcción no precisaba de ninguna cimbra, o al menos proporcionaba un generoso ahorro en madera para aperos. La técnica del tabicado de la bóveda fue muy empleada, en Valencia y Aragón, para cubrir edificios públicos, iglesias y claustros. En general las bóvedas iban revestidas por el intradós para facilitar su decoración. También podemos encontrar bóvedas tabicadas en las que se prestaba especial atención en la colocación de las hiladas, este es el caso de la bóveda de la antetribuna de la reina María del monasterio de la Trinidad de Valencia.

El antiguo Hospital General de Valencia, que en la actualidad alberga una biblioteca, presenta una evolución de la técnica eliminando las aristas. Este hospital fue pasto de las llamas el 18 de enero de 1545 y su pronta reconstrucción se realizó en ambos pisos por bóvedas realizadas con ladrillo tabicado tanto en las vainas de las naves como en el cimborrio central.

Las bóvedas vaina se realizaron sin aristas ni nervios, formadas por ladrillo de “doble volta”, revestidas por su intradós con yeso y decoradas simulando piedra. Por el extradós se ejecutaron tabiquillos de ladrillo tomados con yeso para nivelar el soporte y poder colocar el pavimento a un mismo nivel.



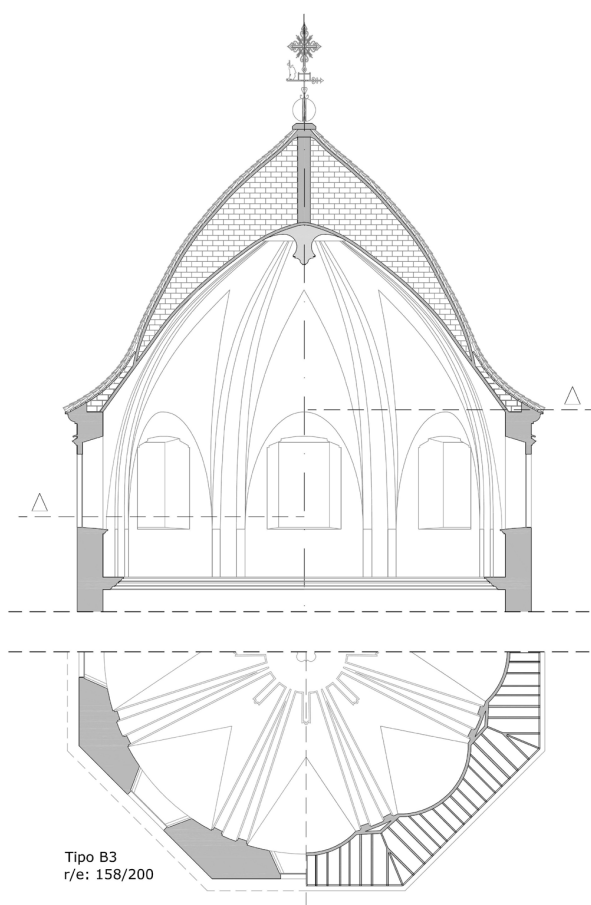
\* Bóveda aristada de ladrillo cortado y dejado visto de la antetribuna de la reina María del monasterio de la Trinidad de Valencia (ca 1460).

Fuente: A. Zaragoza (2011)

## Cúpulas:

En la actualidad, en la comunidad Valenciana, podemos encontrar numerosos ejemplares de cúpulas tabicadas, prueba del uso expansivo que tubo este sistema constructivo empleado a partir de finales del siglo XVI para cerrar espacios pequeños. La bóvedas por lo general se ejecutaban de dos hojas, aunque también podemos encontrar de una sola hoja. Una primera hilada de ladrillo tomados con yeso, con el trasdosado con una capa fina de yeso, y otra capa de ladrillos alternando la junta con la primera.

Dentro de una clasificación propuesta por R. Soler y A. Soler (2011), para explicar cúpulas recientemente estudiadas, podemos diferenciar entre cúpulas trasdosadas y cúpulas sin trasdosar. Las primeras no forma la capa base de soporte para la cubierta, sino que están resguardadas bajo una cobertura de teja dispuesta sobre una estructura de madera o tabiquillos. La segunda, cúpulas sin trasdosar, son un sistema completo que no solo tiene que resistir los esfuerzos propios de una cúpula, sino que forma parte de la envolvente exterior albergando sobre ella la cobertura de teja.



*\* Cúpula Arciprestal  
Villarreal.*

*Secciones vertical y  
horizontal.*

*Fuente: R. Soler-Verdú, A.  
Soler -Estrela.*

Según la clasificación empleada corresponde a una cúpula sin trasdosar de dos hojas, la exterior sirve de soporte al tejado y está expuesta a las acciones meteorológicas, mientras que la hoja interior esta protegida por el desván.

## 2.5 Formas de construir la bóveda tabicada.

Los tratados de Fornés y Gurrea, 1841 y 1846.

Manuel Fornés Gurrea nació y vivió en Valencia (1777-1856). Fue arquitecto y académico de la Real Academia de San Carlos, donde ocupó el puesto de director de Arquitectura. Como autor publicó dos obras en 1841 y 1846 tituladas *Observaciones sobre la práctica del arte de edificar* y *Álbum de proyectos prácticos originales de Arquitectura*. Se divide en tres partes denominados tratados. En la primera obra describe la forma de construir arcos, bóvedas y cúpulas. El segundo contempla temas legales y de medición y el tercero está dedicado a los estucos. Fornés y Gurrea describe como la opción por defecto el uso de la bóveda tabicada.

### Bóvedas de escalera:

En el tratado de Fornés se describe de forma muy detallada cómo construir bóvedas de escalera, << las bóvedas tabicadas sencillas o dobles, que continuamente se construyen en las escaleras de edificios particulares, pende de las mismas reglas que las que se edifican en otras de superior clase, pues su mayor ó menor grandiosidad en nada altera los principios establecidos, que siempre son los mismos y dirigidos á su perfecta solidez. >> (Fornés y Gurrea 1841, 19).

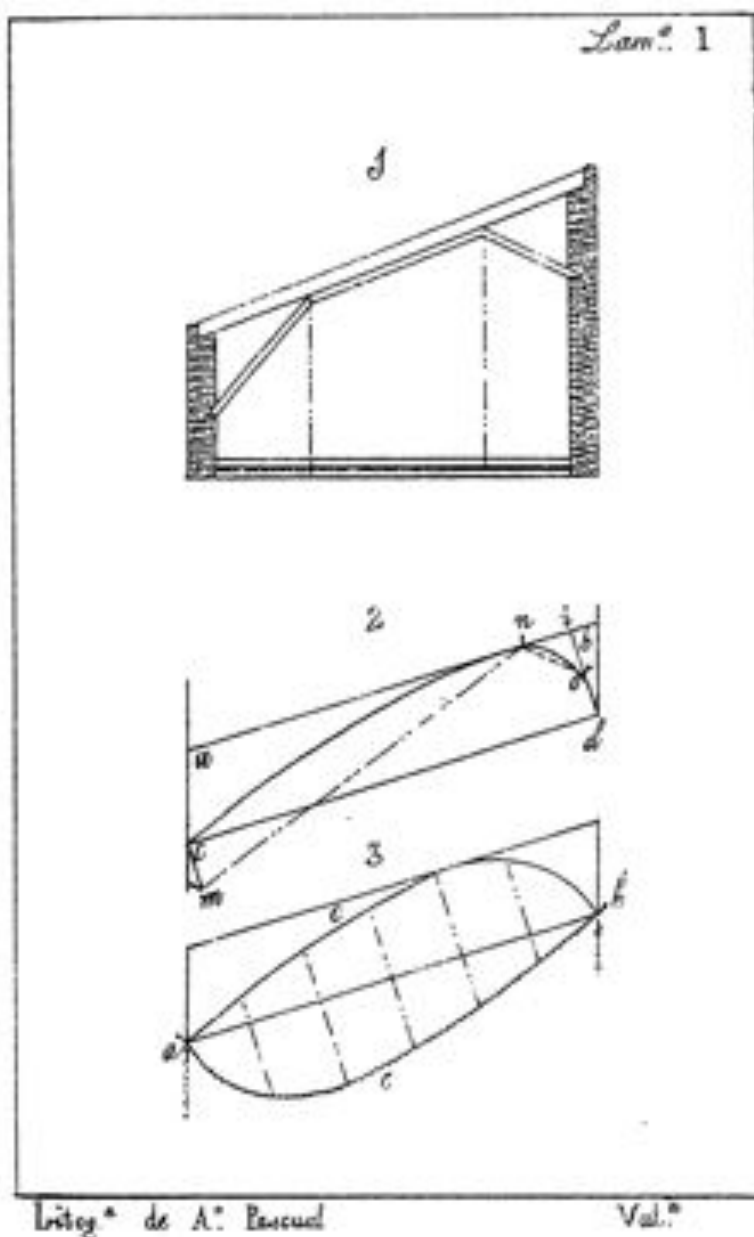
Fornés dedica mucho espacio a una descripción detallada de cómo construir bóvedas para escalera, bóvedas de escalera de caracol y bóvedas en claustros o peristilos.

En la Lámina nº 1 encontramos un dibujo explicando con detalle el trazo de una curva de escalera que se replantea una vez se ha hecho la delineación o demarcación de los peldaños y mesetas sobre las paredes

Destaca la importancia de la inclinación de la bóveda hacia las paredes laterales que sirven de apoyo y la necesidad de introducirlas cuatro o más dedos en ellas.

Sobre el método para obtener la traza explica:

Otro método mas sencillo que produce el mismo efecto, es el que establece la figura 3, lámina I. Tírese la diagonal a. b. De un extremo á otro, donde se ha de apoyar la bóveda. Se tomara un cordel flexible ó cadenilla de hierro, ó cosa que tenga peso.: se fijará en los dos extremos a. b. , dejándola colgar hasta el punto que se le quiera dar de monte, y el mismo cordel o cadenilla demarcará la perfecta curva que se ha de dar á la bóveda; la que se transmitirá á la tabla que ha de servir de cimbra, si se tiene prevenida, y se coloca sobre la diagonal. De una vez se hará la operación, marcando el rastro que presenta la cadenilla. Hechas las cimbras con las mismas, se marcará en la pared su contorno, para abrir la zanja o ranura, sobre la que descansará la bóveda.



*Lámina 1: Explicación trazo curva bóveda de escalera (Fornés y Gurrea, 1841).*



En la lámina 2 representa como colocar los ladrillos en el cruce de una escalera, con bóvedas de mezcla por igual y arista. Resalta que el encuentro de la figura 5 es menos sólida por el poco grueso que tiene y por el trabazón puesto que el ladrillo queda cortado.

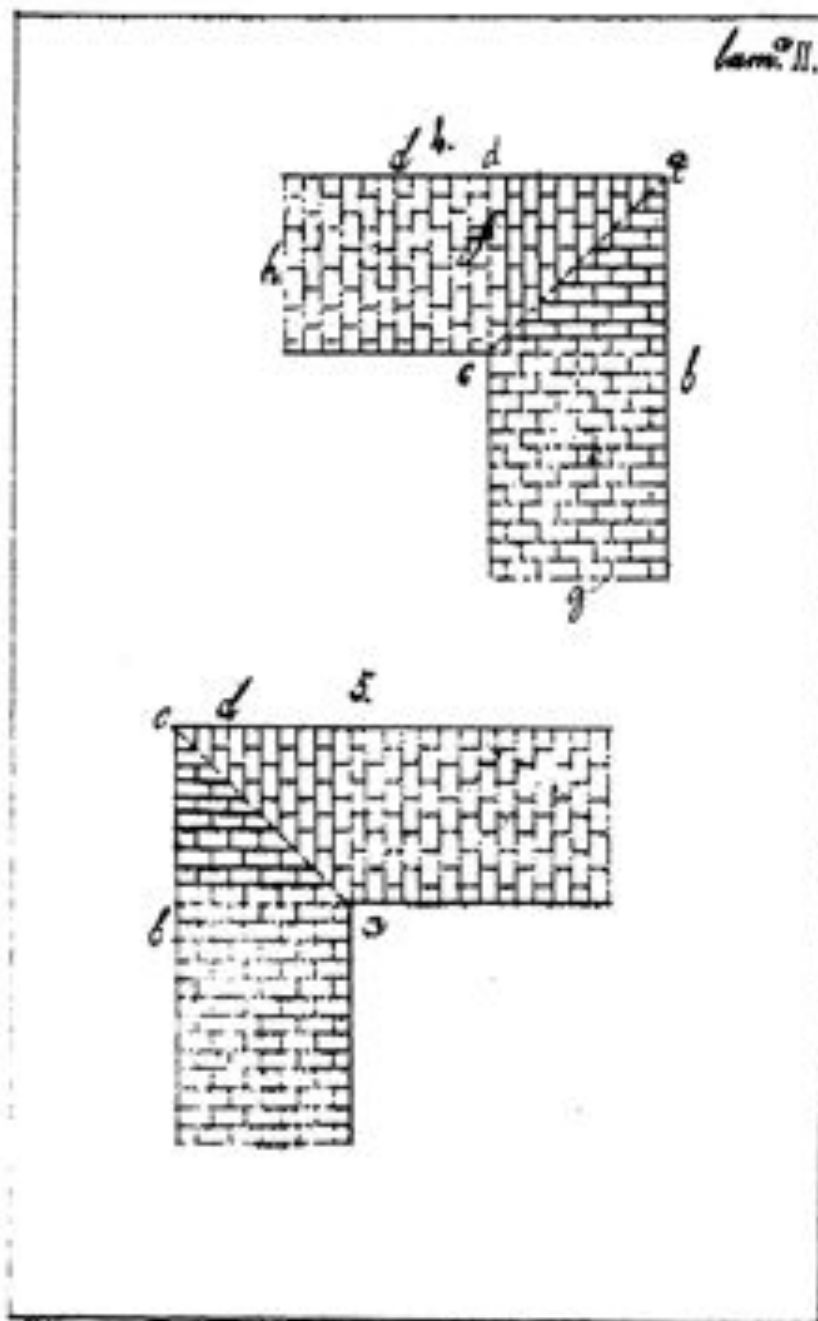


Lámina 2: Explicación de la ejecución del cruce de escalera (Fornés y Gurrea, 1841).

En la siguiente imagen se representa la ejecución material de una bóveda de escalera, de pequeñas dimensiones, replanteada con el método propuesto por Fornés y Gurrea.



\* Ejecución de una bóveda tabicada de escalera durante el curso Bóvedas tabicadas: Técnica constructiva y puesta en obra. Universidad Politécnica de Valencia.

### Cúpulas.

En la lámina VII, dibujo 11 se aporta un detalle de cómo construir una cúpula sin el empleo de cimbra, tan solo con el uso de dos hilos. Uno fijo en el centro para determinar la altura y otro fijo a sus  $2/3$  para determinar la posición en el anillo.

Al igual que para el resto de bóvedas, Fornés describe la cimbra necesaria para generar la cúpula con mucho detalle, pero apenas incide en el proceso constructivo posterior.

Fornés explica el proceso para construir las cúpulas que considera más habituales, que son peraltadas, con una monteada de  $2/3$  del diámetro en planta.

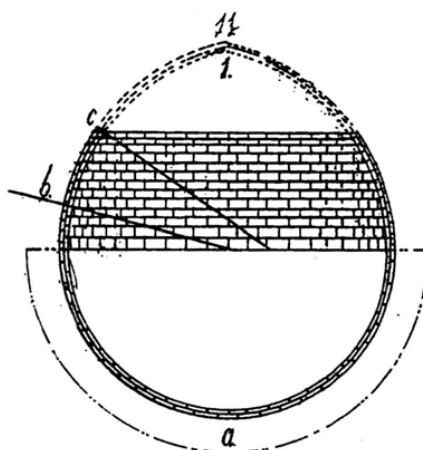
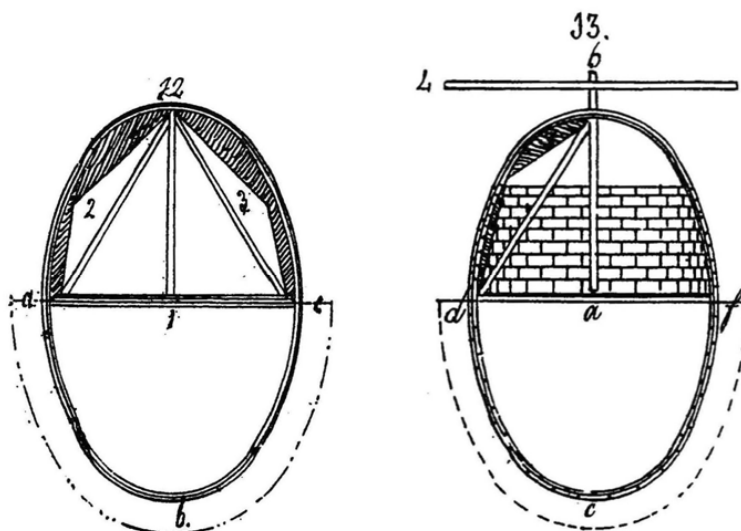


Lámina VII, figura 11 (Fornés y Gurrea 1841)

Se ejecutan con ayuda de dos listones de madera: el b, de longitud igual al radio de la cúpula en panta, sirve para colocar los ladrillos de una hilada y el c, de longitud igual a la montea de la cúpula, para situar el primer ladrillo de cada hilada.

Para cúpulas de planta oval, a las que llama elíptica pero luego describe así: << por constar la elipse de dos diámetros, mayor y menor y ser por consiguiente si perímetro o curva formada por diferentes radios >>, Fornés describe dos procedimientos de trazado. Ambos son aproximados, dando lugar a una superficie más o menos oval. El primero es con ayuda de una cimbra oval que gira alrededor del eje horizontal ab. La cúpula que se obtiene es oval en planta y en la sección larga y semicircular es la sección corta. En el segundo, la cimbra oval gira alrededor del eje ab, en planta quedaría una circunferencia así que suplementa la distancia con unos sarchones que hace el acuerdo.



\* Lámina VIII, figura 13 (Fornés y Gurrea 1841).

## 2.6 Rafael Guastavino .

Hablar de las bóvedas tabicadas implica hablar de Rafael Guastavino Moreno, *arquitecto nacido en Valencia el 1 de marzo de 1842 en una viviendas ubicada en la planta baja de la calle Puñalería 11* (padrón 1843, Fernando Vegas y Camila Mileto 2011). El edificio, que en la actualidad no existe, quedaría ubicado sobre la Plaza de la Reina . Toda su vida parece estar muy bien documentada en un extenso estudio realizado por Fernando Vegas y Camila Mileto, así como el realizado por Miguel Rotaeché y George R. Collins.

Según describen algunos autores, el interés que mostraba sobre la técnica de la bóveda tabicada procede del estudio de alguna de las construcciones de un antepasado suyo. Juan José Nadal, mencionado anteriormente por ser el arquitecto de la iglesia de San Jaime de Villarreal, fue el tatarabuelo de Guastavino.

En 1859 se fue a vivir con sus tíos Ramón Guastavino Buch y María López, donde empezaría sus estudios como maestro de obras. Guastavino nunca finalizó sus estudios, pero en 1872, gracias a un decreto vinculado a la desaparición de la figura de maestro de obra, pudo conseguir su título.

Su participación como maestro de obras en Barcelona se inició en 1865, antes de obtener la titulación correspondiente, por tanto los investigadores tienen ciertas dudas sobre algunos de los proyectos que realizó, por estar firmados por terceros.

Por otro lado existe una gran lista de construcciones de la que sí se dispone de documentación escrita que justifique su dirección en la obra. Sus proyectos como maestro de obras en Barcelona se reducen a viviendas, naves industriales y almacenes, pocos son los edificios de carácter público que podemos mencionar, como el Teatro de La Massa de Vilassar de Dalt. En cuanto a las construcciones privadas podemos mencionar la fábrica Batlló en 1868.

En 1878 patenta un sistema de bóvedas denominado: *Construcción de techos abovedados de inter-estribos y descarga*. La patente tenía una duración de cinco años, en la que se establecía una tasa, por longitud de fachada y números de plantas, cada vez que utilizaban ese sistema constructivo.

El 26 de febrero de 1881 se traslada a Nueva York, quizás motivado por una cadena de fallecimiento en su entorno y una crisis familiar. Al principio no pudo instalarse ni como arquitecto ni como constructor, en cambio alcanzó cierto prestigio gracias a una serie de artículos ilustrados publicados en la revista *Decorator and Furnisher*. Su primer trabajo como arquitecto lo realizó en 1883, el Progress Club de estilo morisco, ubicado en la calle 59 esquina a la Cuarta avenida. Ese mismo año también construyó

varias casas más y una sinagoga en la avenida Madison. Estas fueron las últimas obras que hizo como arquitecto. A Guastavino se le conocía más como constructor que como arquitecto. Entre los numerosos edificios en los que contribuyeron Rafael Guastavino y su hijo podemos mencionar la Biblioteca Pública de Boston, La Saint Chapel en la Universidad de Columbia, US Army War College de Washington DC o la Catedral Saint John the Divine de Nueva York.

Durante esos años solicitó patentes para proteger sus métodos de forjados abovedados, tabiques y escaleras a la catalana. En sus actividades promocionales de la bóveda tabicada, los Guastavino (padre e hijo), destacaron que al ser un sistema compuesto de cerámica y cemento hidráulico, estas bóvedas son completamente incombustibles y se oponen a la propagación del fuego. El 2 de abril de 1897 se llevó a cabo en Manhattan un ensayo de incendio de una bóveda modelo, quedando demostrado que sus materiales eran más resistentes al fuego que la piedra convencional la cual se quebró y se hizo añicos por efecto del calor intenso. También realizó ensayos sobre la resistencia mecánica, el 23 de mayo 1901 en Manhattan, ensayó una bóveda de tres hojas con una luz de 3,65 metros a la que le aplicó una carga de 51 toneladas.

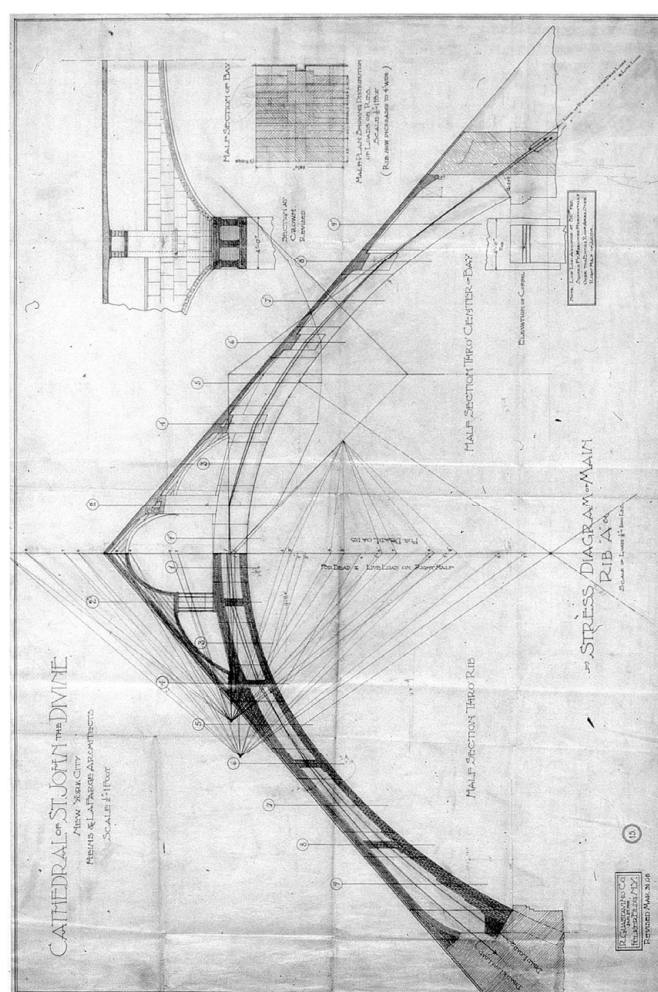


*\* Prueba de resistencia de una bóveda tabicada ( Archivo Guastavino, Universidad de Columbia, Collins 2001)*



No tarda en publicar un libro denominado *Essay on the Theory of cohesive*, (publicado en *Boston* en 1893). En el que intenta formular una teoría que explicase de forma científica el comportamiento estructural de las bóvedas tabicada basado en la teoría monolítica que introdujo el conde d'Espie en 1754. Sin embargo en todos los documentos consultados por los investigadores, solo emplea el análisis de equilibrio para levantar sus cúpulas y bóvedas.

La palabra <<Cohesión>> que actualmente significa << cualidad de las cosas cuyas partes están fuertemente unidas física o espiritualmente>> ( diccionario María Moliner, 2ª ed. ) se emplea en muchos tratados como <<resistencia a tracción>>, especialmente aplicada al mortero (Esther Redondo , 2013,243).



\*Análisis de equilibrio, mediante una línea de empujes de un tramo de la nave de la catedral de St John the Divine, En Nueva York. Plano fechado en 1908 ( Archivo Guastavino/Collins U Columbia.

Fuente : Esther Redondo. (2013 ,255)

### 3. MÉTODOS DE CÁLCULO.

---

Sobre la técnica de la construcción tabicada se puede consultar una ampliada documentación. No ocurre lo mismo en lo referente a su comportamiento estructural. Los primeros tratados de arquitectura no distinguían entre el comportamiento estructural de las bóvedas tabicadas y el de las bóvedas de rosca de ladrillo o piedra.

En particular, se ha considerado que las bóvedas tabicadas tienen un comportamiento estructural esencialmente distinto que el de las bóvedas convencionales de ladrillo o piedra. Guastavino las encuadró dentro de las estructuras “cohesivas”, en contraposición a las estructuras abovedadas por gravedad. Se intentaron análisis según el método elástico, que en muchas de las ocasiones fracasaron. En España se las llegó a calificar de imposibles de calcular, lo que llevó a la demolición de muchas de ellas y a su sustitución por otros sistemas estructurales más convencionales.

Las bóvedas tabicadas son bóvedas de fábrica, como cualquier otra estructura de fábrica tiene poca resistencia a tracción, se agrietan y empujan. No son monolíticas ni cohesivas. No son menos duraderas si reciben el mantenimiento necesario.

Así, mientras los teóricos discutían sobre la imposibilidad de calcular las bóvedas tabicadas éstas se seguían construyendo y los arquitectos o ingenieros realizaban cálculos sencillos para determinar las dimensiones de los elementos principales: el espesor de las bóvedas, y la dimensión de los sistemas de contrarresto, ya fueran estribos o tirantes.

#### 3.1 Cálculo tradicional de estructuras tabicadas.

En el siglo XVII se consolidan en toda Europa los tipos estructurales de construcción abovedada basados en el empleo de la bóveda de cañón y de la cúpula. El cálculo tradicional de bóvedas y estribos estaba basado en la experiencia, era un cálculo fruto de la observación atenta de ejemplos construidos y en construcción, y también de algunos hundimientos. Cada edificio construido fue un experimento con éxito y ese experimento quedaba en pie para las sucesivas generaciones de constructores; cada ruina era también una fuente valiosa de información.

Los autores tratan de sistematizar un conjunto de reglas para estos tipos y sus derivados, en uso ya desde hacía más de dos siglos. En España, el agustino Fray

Lorenzo de San Nicolás propone el conjunto más completo de estas reglas para bóvedas de templos. Las reglas de Fray Lorenzo fueron una referencia constante para los arquitectos españoles en los siglos siguientes.

En general, los autores no justifican sus reglas, sólo las enuncian. Sin embargo, es evidente que las reglas codifican la experiencia constructiva.

### Fray Lorenzo de San Nicolás

El Arte y Uso de Arquitectura de Fray Lorenzo de San Nicolás (1595–1679) es el tratado de arquitectura más importante del siglo XVII en España. Consta de dos partes publicadas los años 1639 y 1664, pero el tratado propiamente dicho lo forma la primera parte.

Fray Lorenzo señala la importancia del espesor que tienen que tener los muros : «Que grueso ayan de tener para sustentarle, assí el de su mismo pesso, como el del empujo de las bovedas, importa mucho el acierto». (30v) ( Santiago Huerta,2004)

Afirma que un exceso en el dimensionado puede ser tan perjudicial como quedarse corto, refiriéndose a la necesidad de buscar un equilibrio entre las distintas partes, como sucede en el cuerpo humano:

Para la bóvedas de las iglesias considera la posibilidad de que las bóvedas sean tabicadas: *«quando la bobeda huviese de ser tabicada de ladrillo, baste que lleven las paredes de grueso la octava parte de su ancho, que es de quarenta, cinco pies de grueso, y los estribos se cumplan con el grueso hasta la quarta parte de su ancho. Sí en el Templo, cuyas bobedas han de ser tabicadas, no pudiese aver estribos, tendran de grueso las paredes la quinta parte de su ancho, que es de quarenta, ocho pies de gruesos, y aun ay lugar en esta parte de adelgazar mas»*( Santiago Huerta,2004)

Esta parte es de especial interés por ser la primera vez que se menciona la fábrica de ladrillo tabicado como sistema estructural en un tratado de arquitectura. Diferenciándose de las de rosca por su menor empuje debido a su menor peso.

En la siguiente tabla se muestran las reglas de Fray Lorenzo para obtener las dimensiones de los muros y estribos en función de la luz L y el material de la bóveda.



| <i>Material</i>   | <i>Muro uniforme</i> | <i>Muro</i> | <i>Muro más estribos</i> |
|-------------------|----------------------|-------------|--------------------------|
| Piedra            | $L/3$                | $L/6$       | $>L/3$                   |
| Rosca de Ladrillo | $L/4$                | $L/7$       | $L/3$                    |
| Tabicada          | $L/5$                | $L/8$       | $L/4$                    |

Fray Lorenzo manifiesta su seguridad en las reglas al final de su exposición: «Y así... este edificio con tres diversidades de bobedas, ira seguro, con tal que en los demas guarde los preceptos que diremos: y en la alteza del Templo no exceda de suerte que parezca mal y el peso y el empujo lo destruyan». »( Santiago Huerta,2004)

Josep Renart.

En lo que respecta a los estribos necesarios para sustentar bóvedas tabicada, se citan una reglas de proporción del mismo tipo que las de Fray Lorenzo: un relación entre el espesor de muro y la luz de la bóveda.

Se reproducen a continuación en una tabla las dimensiones que deben tener los estribos para bóvedas tabicadas en unción de su forma.

| <i>Tipo de Bóveda</i>   | <i>Estribo</i> |
|---|----------------|
| Medio punto sin luneto  | $L/10$         |
| Medio punto con luneto  | $L/11$         |
| Rebajada ( $f = L/6$ ) sin luneto                             | $L/9$          |
| Rebajada ( $f = L/6$ ) con luneto                             | $L/10$         |
| Media naranja de medio punto                                  | $L/10$         |
| Media naranja rebajada  | $L/9$          |
| Bóveda Baida, Bóveda de arista, esquifada medio punto         | $L/10$         |
| Bóveda esquifada medio punto, con lunetos                     | $L/12$         |
| Bóveda esquifada rebajada                                     | $L/9$          |
| Bóveda esquifada rebajada, con luneto                         | $L/11$         |
| Bóveda Elíptica, en <Cielo de choche>, rebajada ( $f = L/7$ ) | $L/9$          |

\* Fuente ( Esther Redondo,2013, 227)

Como se apreciaba, las reglas de Renart son mucho más arriesgadas: frente a  $L/5$  que recomendaba Fray Lorenzo para una pared sin contrafuertes, Renart dice que basta con un espesor de  $L/9$  y  $L/12$ , en función de la forma de la bóveda y de si lleva o no lunetos. (Esther Redondo, 2013).

### 3.2 Equilibrio de arcos tabicados. Líneas de empujes.

El siglo XVII nace la teoría científica de estructuras. Galileo en 1638 acomete por primera vez un problema de resistencia de materiales: la flexión de vigas

Las primeras aproximaciones al comportamiento mecánico de un arco se realizan en 1670, por Roger Hooke y Gregory, pero no fue hasta 1830 y 1840 cuando aparece el concepto de línea de empuje que se define como el lugar geométrico definido por los puntos de paso de la resultante de la fuerza por cada uno de los planos de corte entre dovelas.

Méry establece los conceptos de línea de empuje máximos, la más peraltada, y línea de empujes mínimos, la más rebajada. Limitando el valor de empuje entre dos valores.

Para la aplicación de la teoría se emplean métodos de estática gráfica, cuyo avance se produjo con la aplicación del polígono de fuerzas y el polígono funicular al dibujo de líneas de empuje, enunciadas en 1858 por Rankine.

### 3.3 Análisis elástico de bóvedas tabicadas.

Numerosos autores tenían la idea que un análisis elástico sería más adecuado para cálculo del comportamiento de la bóveda tabicada, considerando que tienen cierta resistencia a tracción. A partir de esta fecha, algunos arquitectos que conocen las leyes del equilibrio y los centros de gravedad, pero que siguen empleando reglas empíricas de proyecto, tratan de justificar éstas en base a razonamientos científicos.

Esta teoría es aplicada en arcos metálicos y de madera, pero existen muchas dudas sobre su aplicación en las bóvedas de fábrica que intentan resolverse mediante líneas de empuje.

La sociedad de Ingenieros y Arquitectos Austríacos, entre 1895- 1896, observaron una proporcionalidad entre la fuerza aplicada y la deformación obtenida, fijando un valor para el módulo de E del material. Esto sirvió para dar por válida la teoría elástica aplicada a los arcos.

### 3.4 Software Carybo.

Sobre este software encontramos una documentación extensa en la Tesis

Doctoral de Manuel Fortea Luna con el Título , *Análisis Estructural de Bóvedas de fábrica . La eficacia de la Geometría.* (2013)

CARYBO es una herramienta informática para el cálculo y análisis de estructuras de fábrica (de piedra o cerámica) incluyendo arcos, bóvedas, contrafuertes, estribos, arbotantes, escaleras y muros. Resuelve gráficamente el problema de buscar una línea de fuerza en un gajo de arco conocida su sección, su densidad y las cargas que sobre el actúan, dentro del coeficiente de seguridad marcado previamente. Para ello descompone el arco en 200 dovelas, asignando a cada una un peso en función de su volumen y densidad. Se basa en el principio de simetría estudiando solo medio arco, siendo sustituido el otro medio por una fuerza horizontal, que será la necesaria para mantenerlo en equilibrio. Si la línea de fuerza se sale de la sección o el coeficiente de seguridad es inferior al marcado se desecha la solución y se dan valores nuevos a las variables. Existe mas una línea de fuerza que cumpla las condiciones establecidas. De todas ella se escoge la que produce menor empuje horizontal.

El software consta de tres partes, una primera, donde se introducen los datos, una segunda, que es el proceso de cálculo propiamente dicho, y una tercera, donde se obtienen los resultados.

Los datos a introducir son la densidad aparente del material, la geometría de la cara interior (intradós) y exterior (extradós) del elemento y las sobrecargas horizontales y verticales sobre el elemento.

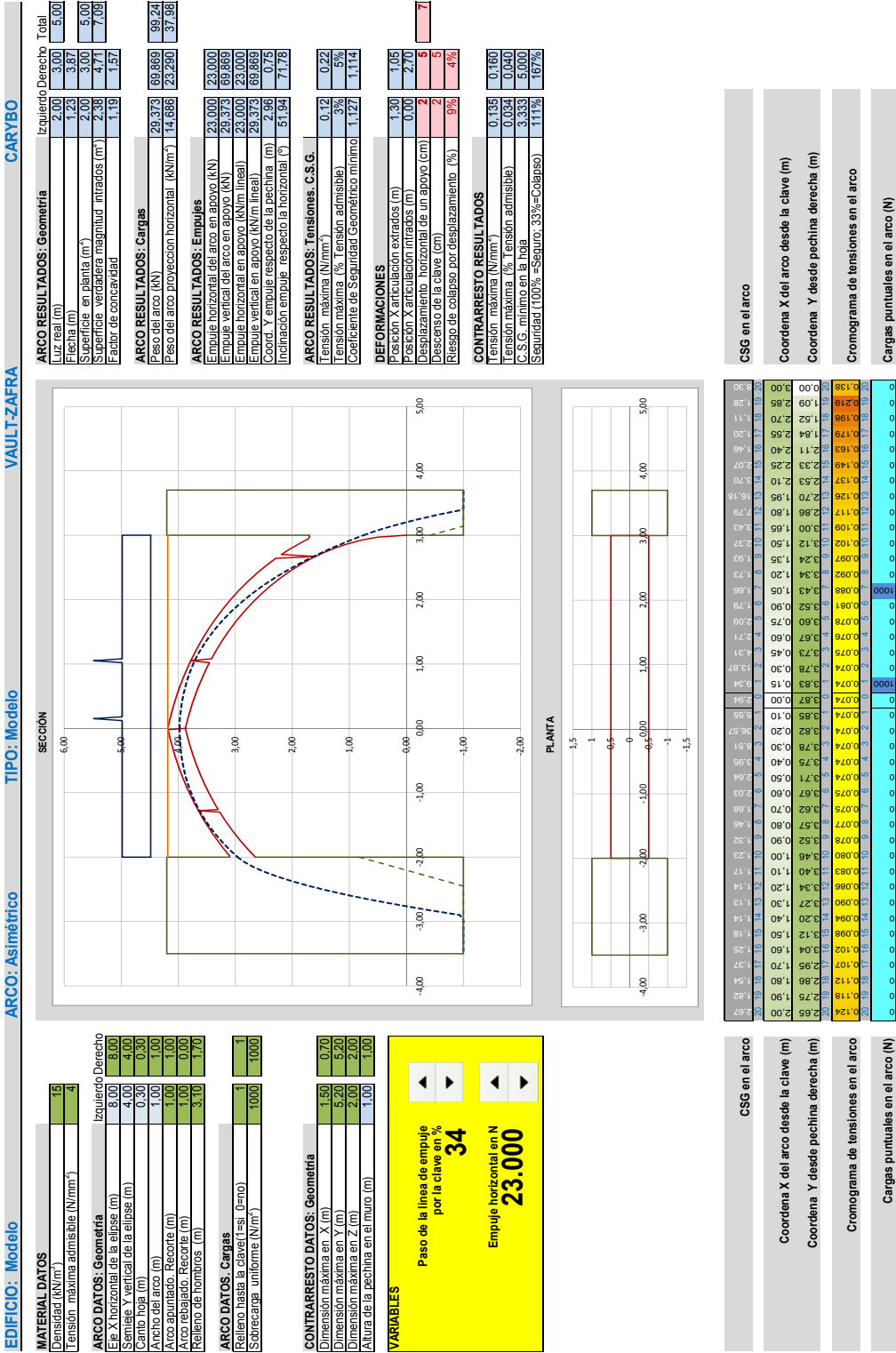
Con la geometría y la densidad se obtiene directamente el peso propio que se suma a las sobrecargas para definir el estado total de fuerzas. Con la geometría definida, el estado de cargas fijado, y siguiendo los principios de Jacques Heyman, se determina una "Línea de Fuerza" que cumpla el Teorema de Seguridad.

RESULTADOS:

Dicha "Línea de Fuerza" ofrece los siguientes resultados:

- 1.- Reacciones en los apoyos: Componente horizontal, componente vertical y punto de aplicación.
- 2.- Tensión de trabajo en cada punto del elemento.
- 3.- Coeficiente de Seguridad Geométrico en cada punto del elemento.
- 4.- Puntos críticos: aquellos puntos en los que el Coeficiente de Seguridad Geométrico es inferior al establecido, según el tipo de elemento.

En la web podemos encontrar un ejemplo de los resultados: (<http://www.vaultzafra.com/es/7/carybo-vault-zafra>).



## 4. ENSAYOS DE ESTRUCTURAS TABICADAS

Los primeros ensayos que encontramos sobre estructuras tabicadas se realizaron a finales del siglo XVIII, en Francia. Con estos ensayos, considerados como no científicos, no se buscaban resultados ni mediciones, su objetivo era promocionar las ventajas que ofrecía un sistemas desconocido.

El conde d'Espie, introductor de la teoría monolítica, en su libro describe un ensayo de carga que realizó sobre una bóveda de 8,77 m de luz, con una flecha aproximada de  $L/6$ , cargandola con 214 kN (21.400 Kg), descargandola a los dos días sin sufrir daños. Según el análisis de datos encontrado en la Tesis de Esther Redondo, el arco estaría a una tensión de 3,02 kN/mm<sup>2</sup>, inferior a la de rotura por compresión del ladrillo y yeso. Espie también realizó ensayos sobre la bóvedas de la lavandería de la Escuela Militar, en este caso los muros se abrieron y la bóveda terminó por desplomarse. Blondel y Patté justificaron el fallo a la expansión que sufre el yeso durante el proceso de fraguado. Cabe destacar que en los primeros ensayos se empleaba yeso como aglomerante, pasando al cemento de fraguado rápido en los posterior ensayos. A estos ensayos les sigue los realizados por Olivier, en los que pretende obtener el empuje de la bóveda colocando unos dinamómetros en los apoyos móviles para registrar la fuerza obtenida.

Laroque a mediados del siglo XIX realiza una prueba de carga sobre una bóveda tabicada de 5 m de luz, 1 m de ancho y 50 cm de flecha, con un espesor de 7 cm compuesta por tres ladrillos tomados con cemento. La bóveda se carga hasta los 45.000 Kg sin presentar deformación alguna. El colapso se produce a los 55.000 kg por un desplazamiento de los muros, justificando que es capaz de soportar grandes cargas siempre que los apoyos no se muevan.

Guastavino a su llegada a América también se ve obligado a realizar ensayos sobre las bóvedas tabicadas para publicitar este sistema constructivo en una país en el que se desconocía. Para lo cuál escribió dos libros, varios artículos en revistas, patentó diferentes sistemas y emprendió una campaña de ensayos sobre probetas y bóvedas. Es interesante descubrir el esfuerzo que realizó para conseguir valores de resistencia a compresión, tracción y flexión, y sin embargo nunca utilizó los valores obtenidos para justificar sus proyectos.

Entre los ensayos documentados en probetas podemos encontrar ensayos a compresión, ensayos a flexión, ensayos a tracción y ensayos a cortante. Todos estos ensayos serán un referente para los investigadores que pretenden analizar el comportamiento mecánico desde un punto de vista elástico-resistente.

Uno de los ensayos que le proporciona mayor difusión en América a la bóvedas tabicada fue el ensayo de resistencia al fuego. Cabe mencionar que unos años antes a la llegada de Guastavino, en Chicago se produjo un devastador incendio que abrió un debate sobre las estructuras realizadas con madera y la llegada de un nuevo sistema constructivo a prueba de fuego (Fireproof) se acogió con gran expectación.

La mayor parte de los ensayos documentados que encontramos son ensayos de carga sobre el tipo de bóveda más empleado, con una geometría de perfil circular muy rebajada, cargandolos uniformemente con pesos. Para este sistema siempre es posible dibujar una línea de empuje parabólica dentro de la bóveda y el fallo de la bóvedas se produce por compresión de los ladrillos.

En España los ensayos sobre las bóvedas tabicadas son escasos y más tardíos, esto se debe a que este sistema constructivo fue documentado y empleado desde el siglo XIV. La innecesidad de dar a conocerlo estaba justificado por los resultados obtenidos en las construcciones existentes.

Lo primeros ensayos que encontramos los presento en Barcelona el capitán de ingenieros Luís Monravá sobre una bóvedas tabicadas en vertical que servían como muros de contención para depósitos de agua.

Durante los siguientes años Cer y Lóbes (1898) realizaron ensayos sobre bóvedas de similares característica que las anterior, obteniendo valores de rotura que alcanzaron los 1555 kg./m<sup>2</sup> que considerando un coeficiente de seguridad de 10, afirmaba que las bóvedas podían ser cargadas con seguridad hasta los 155 kg/m<sup>2</sup>.

En 1952, Juan Bergós recoge en su libro *Materiales y elementos de construcción, estudio experimental.*, una serie de ensayos realizados en los laboratorios de la Universidad Industrial de Barcelona sobre bovedillas tabicadas. También ensaya dos probetas de idéntica forma, sometidas a una carga puntual centrada de valor creciente, tomando los valores de descenso de la clave y los desplazamientos obtenidos en los apoyos. A partir de los datos representa una gráfica carga-deformación y obtiene el valor de los esfuerzos en la bóveda. En el siguiente libro, escrito en 1965 y titulado *Tabicados huecos*, recoge ensayos de compresión sobre probetas cúbicas y ensayos de flexión, para pasar después a los ensayos de tabiques, ensayos de arcos parabólicos rebajados, y arcos peraltados.

## 5. DESCRIPCIÓN DE LA BÓVEDA CURVA CATENARIA.

En el presente proyecto se decide que el elemento de análisis sea una bóveda con geometría de arco catenarío. A continuación se presenta la descripción de este tipo de curvas y la determinación de la posición de los ladrillos en el caso particular que nos ocupa.

### 5.1 Introducción.

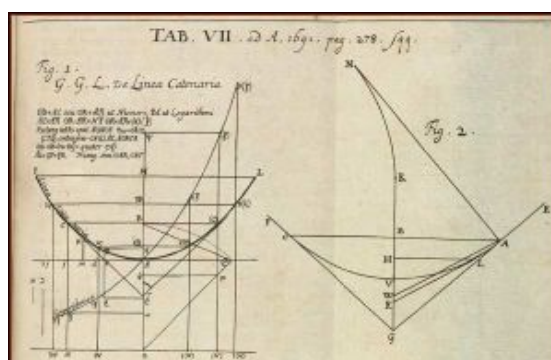
En matemáticas y arquitectura se emplea la definición de catenaria a la curva cuyo trazo sigue la forma que adquiere una cadena o cuerda de densidad uniforme y perfectamente flexible sujeta por sus dos extremos y que se encuentra sometida únicamente a las fuerzas de la gravedad.



Prueba para la obtención de la curva catenaria

Los matemáticos a lo largo de la historia intentaron descubrir cuál era la fórmula matemática que describía dicha curva. La resolución del problema no era nada fácil, la prueba la tenemos en que Galileo erró en su solución puesto que en 1638, en sus *Díálogos sobre dos nuevas ciencias*, asume la forma de una parábola. Años después el alemán Joaquín Jungius demostró que una cadena colgante no adopta una forma parabólica.

En 1690 el suizo Jakob Bernoulli propone un desafío, descubrir la forma matemática que definiera la curva catenaria. La repuesta llegó en 1691 de la mano de su hermano menor Johann Bernoulli y por Gottfried Leibniz y Cristiaan Huygen.



- Solución remitidas por Leibniz y Huygens a Bernoulli para su publicación en *Acta Eruditorum* (1691). Fuente: Wikipedia

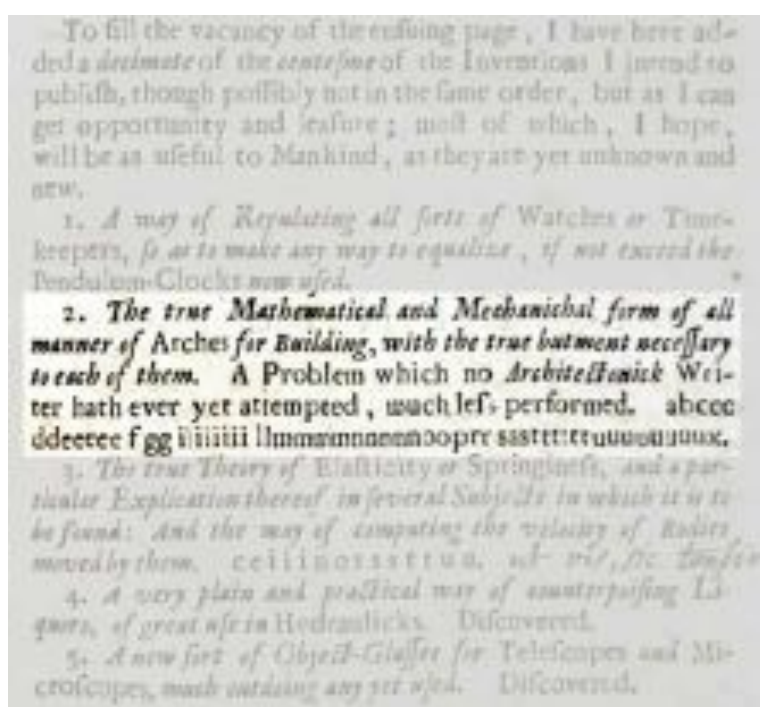
Durante esta investigación aparece por primera vez el término catenaria, que deriva del latín catena, cuyo significado es cadena.



## 5.2 Arco catenario.

El arco catenarío se define como la curva que reproduce la morfología de una curva catenaria invertida. El arco catenarío es la forma ideal para el arco que se soporta a sí mismo, sin embargo desde la antigua Grecia y Roma diseñaron sus arcos y bóvedas más fáciles de construir pero menos estables, derivadas del círculo.

En 1670 Robert Hooke en la Royal Society de Londres planteo la pregunta de *¿Cuál sería la forma ideal de una arco?*. Un año después dijo haberlo resuelto pero no dio detalles al respecto hasta el año 1675, cuando ofrece la solución mediante un anagrama en un apéndice de su Descripción of Helioscope.



\* *Anagrama de Robert Hooke*

“ del mismo modo que cuelga el hilo flexible, así , pero invertido se sostendrá el arco rígido”. Robert Hooke ,1675

Años después, Gregory añadió que la forma ideal de una arco sería en efecto la de una catenaria invertida y si el resto de arcos se sostienen es porque hay una catenaria en su interior.

Este concepto permite calcular arcos utilizando modelos colgantes sencillos y fue aplicado por los ingenieros ingleses del siglo XVIII en la construcción de puentes y

recogido por Thomas Young en 1845 en su *Course of lectures on natural philosophy and mechanical arts*.

Es de imaginar que Antonio Gaudí tuvo conocimiento de este sistema de construcción, el cual desarrolló y aplicó en algunas de sus obras más conocidas.

La catenaria tiene la característica de ser el lugar geométrico de los puntos donde las tensiones horizontales del cable se compensan y por ello carece de tensiones laterales por lo que la cadena permanece estable sin desplazarse hacia los lados. Las fuerzas que actúan son la gravedad y una tensión tangente a la cadena en cada punto que es la que la mantiene estirada.

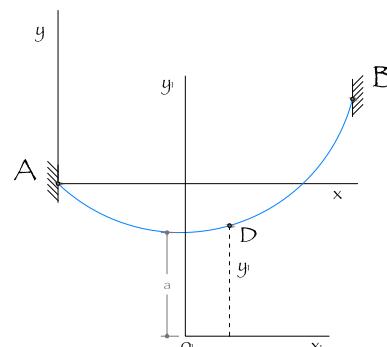
Es esta propiedad la que hace que los arcos catenarios no necesiten apoyos laterales para sustentarse, al contrario de los arcos de medio punto del Románico que tendían a abrirse, por lo que necesitaban grandes muros de contención que los sostuvieran para evitar que se agrietaran. No será hasta finales del siglo XIX cuando los arquitectos comiencen a utilizar los arcos catenarios, destacando Gaudí.



*\*Maqueta polifuncular para la iglesia de la Colonia Güell, Museo de la Sagrada Família. Fuente: Wikipedia*

### 5.3 Método de cálculo curva catenaria.

Se llama catenaria a la curva de equilibrio de un cable pesado y homogéneo sujeto a dos puntos fijos **A** y **B**. En este caso el cable esta sometido a una carga vertical uniformemente distribuida **q** igual al peso **p** del cable por unidad de longitud. La catenaria estará situada en el plano vertical que pasa por los puntos **A** y **B**; en este plano se elige un sistema de ejes coordenado con origen en el punto mas bajo, y como eje **y** la vertical dirigida hacia arriba, por lo que será  $q_y = -p$ . Las ecuaciones de este cable son:



$$N \frac{dx}{ds} = K$$

$$kdy' - pds = 0$$

Puesto que **ds** y **dx** crecen simultáneamente,  $\frac{dx}{ds}$  será positivo y como la tensión **N** del cable es siempre positiva, también lo será la constante **K**. se hace  $K=pa$ , siendo **a** una constante positiva que se llama parámetro de la catenaria; sustituyendo  $ds = \sqrt{(1 + y'^2)} \cdot dx$  en la segunda ecuación, resulta.

$$\frac{dy}{\sqrt{1 + y'^2}} = \frac{dx}{a}$$

e integrando :

$$\text{arc sh } y' = \frac{x - x_0}{a}$$

es decir;

$$y' = \text{sh } \frac{x - x_0}{a}$$

Integrando de nuevo, se obtiene la ecuación de la catenaria.

$$y - y_0 = a \text{ ch } \frac{x - x_0}{a}$$

En esta ecuación figuran tres parámetros  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $a$ , que se determinan teniendo en cuenta que la catenaria pasa por los puntos extremos A (0,0) y B ( $x_B$ ,  $y_B$ ) y que su longitud es igual a la longitud  $L$  del cable. De las dos primeras condiciones se deduce ;

$$-y_0 = a \operatorname{ch} \frac{x - x_0}{a} \quad (01)$$

$$y_B - y_0 = a \operatorname{ch} \frac{x_B - x_0}{a}$$

de la tercera condición, resulta:

$$L = \int_A^B ds = \int_0^{x_B} \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx = a \left( \operatorname{sh} \frac{x_B - x_0}{a} + \operatorname{sh} \frac{x_0}{a} \right) \quad (02)$$

y restando las dos ecuaciones

$$y_b = a \left( \operatorname{ch} \frac{x_B - x_0}{a} + \operatorname{ch} \frac{x_0}{a} \right)$$

De esta ecuación y de la anterior se deduce

$$L + y_B = a \left( e^{\frac{x_B - x_0}{a}} - e^{\frac{x_0}{a}} \right) = a \cdot e^{-x_0} \cdot \left( e^{\frac{x_B}{a}} - 1 \right)$$

$$L - y_B = a \left( e^{\frac{x_0}{a}} - e^{\frac{x_B - x_0}{a}} \right) = a \cdot e^{-x_0} \cdot \left( 1 - e^{\frac{x_B}{a}} \right)$$

y multiplicando estas dos expresiones

$$L^2 - y_B^2 = a^2 \left( e^{\frac{x_B}{a}} + e^{\frac{x_B}{a}} - 2 \right)$$

de donde :

$$\sqrt{L^2 - y_B^2} = 2 \cdot a \cdot \operatorname{sh} \frac{x_B}{2a} \quad (03)$$

haciendo  $\frac{x_B}{2a} = \xi$ , se tiene ;

$$\frac{\operatorname{sh} \xi}{\xi} = \frac{\sqrt{L^2 - y_B^2}}{x_B} = K'$$

(04)

y la resolución de la ecuación (03) se reduce a hallar la intersección de a curva

$$\eta = sh \xi \text{ y la recta } \eta = K' \xi$$

Con las ecuaciones (01) y (03) se determinan los parámetros  $a$ ,  $x_0$  e  $y_0$  y por consiguiente la ecuación de la catenaria .

## 5.4 Cálculos de la curva catenaria

Para calcular el trazo de la curva catenaria se programa un Excel, de forma que introduciendo como valores iniciales la luz y la longitud de la curva, este nos devuelva como resultados las coordenadas de cada ladrillo.

La longitud de la curva viene determinada por el sumatorio correspondiente al número de ladrillos y el espesor de la junta.

Como resultado obtenemos la curva catenaria medida por el intradós.

En nuestro caso particular hemos obtenido una altura de arco de 53,95 cm. siendo la relación entre la altura y la luz de  $L/1,709$ .

### DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE LA CATENARIA

#### Datos iniciales:

|              |         |
|--------------|---------|
| Luz:         | 0,920 m |
| $S_0$        | 1,505 m |
| nº ladrillos | 12 ud   |
| $B_{lad}$    | 0,12 m  |
| nº Juntas    | 13      |
| $B_{junta}$  | 0,005 m |

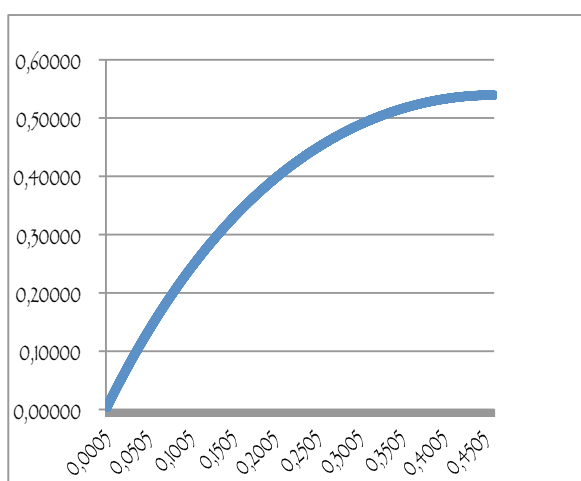
Distancia entre extremos del cable. Luz interior arco

Longitud del cable. Es la suma de los segmentos.

#### Coordenadas iniciales:

|         | x    | y |
|---------|------|---|
| Punto A | 0    | 0 |
| Punto B | 0,92 | 0 |

|                        |          |
|------------------------|----------|
| $k'(\text{cte}) =$     | 1,63587  |
| $\varphi =$            | 1,8016   |
| $a:(\text{parámetro})$ | 0,25533  |
| $x_0 =$                | 0,46     |
| $y_0 =$                | -0,79463 |
| $y_{\text{máxima}} =$  | 0,5393   |



\*Gráfica curva catenaria



En la siguiente tabla se representan los puntos de inicio y fin de cada ladrillo .

| Pto   | Nº | Arco Catenario Segmentado |         |         |
|-------|----|---------------------------|---------|---------|
|       |    | Segmentos                 | X (m.)  | Y (m.)  |
| 0     | 1  | 0,000                     | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,005 | 2  | 0,005                     | 0,00100 | 0,00294 |
| 0,12  | 3  | 0,125                     | 0,03900 | 0,10610 |
| 0,005 | 4  | 0,130                     | 0,04100 | 0,11109 |
| 0,12  | 5  | 0,250                     | 0,08400 | 0,20866 |
| 0,005 | 6  | 0,255                     | 0,08550 | 0,21175 |
| 0,12  | 7  | 0,375                     | 0,13500 | 0,30298 |
| 0,005 | 8  | 0,380                     | 0,13700 | 0,30626 |
| 0,12  | 9  | 0,500                     | 0,19300 | 0,38650 |
| 0,005 | 10 | 0,505                     | 0,19550 | 0,38960 |
| 0,12  | 11 | 0,625                     | 0,26000 | 0,45688 |
| 0,005 | 12 | 0,630                     | 0,26300 | 0,45946 |
| 0,12  | 13 | 0,750                     | 0,33650 | 0,50885 |
| 0,005 | 14 | 0,755                     | 0,33950 | 0,51034 |
| 0,12  | 15 | 0,875                     | 0,42250 | 0,53654 |
| 0,005 | 16 | 0,880                     | 0,42600 | 0,53703 |
| 0,12  | 17 | 1,000                     | 0,51700 | 0,53291 |
| 0,005 | 18 | 1,005                     | 0,52100 | 0,53198 |
| 0,12  | 19 | 1,125                     | 0,61950 | 0,48784 |
| 0,005 | 20 | 1,130                     | 0,62350 | 0,48514 |
| 0,12  | 21 | 1,250                     | 0,72650 | 0,38713 |
| 0,005 | 22 | 1,255                     | 0,73050 | 0,38210 |
| 0,12  | 23 | 1,375                     | 0,82950 | 0,22190 |
| 0,005 | 24 | 1,380                     | 0,83300 | 0,21482 |
| 0,12  | 25 | 1,500                     | 0,91650 | 0,01024 |
| 0,005 | 26 | 1,505                     | 0,91950 | 0,00147 |

\*Tabla coordenadas ladrillos

## 6. CAMPAÑA EXPERIMENTAL.

### 6.1 Descripción de la bóveda tabicada objeto de estudio.

Las bóvedas objeto de estudio se realizan a escala de laboratorio con unas dimensiones de 92 cm de luz y 53,93 cm de flecha, siendo la relación entre la altura y la luz de  $L/1,709$ . Estarán compuestas por una única hoja de ladrillos a panderete tomados con yeso, con un total de 12 ladrillos cerámico hueco de  $24 \times 12 \times 3$  cm de forma que la bóveda será simétrica, tomando como eje de simetría la verticalidad de la clave. Las juntas de yeso se calculan con un espesor de 5 mm, medida del intradós, con un total de 13 juntas. Para el arranque de la bóveda, unión entre el bastidor y la bóveda, se emplea el mismo conglomerante. La tipología de curva empleada es la catenaria, con una longitud total de curva correspondiente al sumatorio de los 12 ladrillos y las 13 juntas que la componen, con un valor total de 150,5 cm ( $12 \text{ ud} \cdot 12 \text{ cm} + 13 \text{ ud} \cdot 0,5 \text{ cm}$ ). El grosor del recubrimiento/refuerzo se realiza con un espesor previsto de 1 cm para todas las bóvedas, asumiendo una pequeña variación debido a la expansión que sufre el yeso durante el proceso de fraguado. La única variación que encontramos entre los especímenes a ensayar es el tipo de refuerzo que colocaremos en su interior, embebido en el espesor del recubrimiento. Los refuerzos empleados para su evaluación son el esparto, la malla de fibra de vidrio, malla metálica y fibras de carbono aplicadas con resina epoxídica.

Cabe destacar en este apartado que la construcción de bóvedas de una vuelta (una única hoja) aunque en algunas ocasiones las podemos encontrar, no fue el tipo de bóveda más generalizada en las construcciones. Por lo general las bóvedas han sido construidas de doble hoja (*doble volta*), la primera hoja se colocaba con yeso, y gracias a su rápido endurecimiento se podía ejecutar sin cimbra, que a su vez se empleaba como cimbra perdida para la ejecución de la segunda hoja colocada con generalmente mortero.

Se ejecutan un total de 16 bóvedas tabicada a panderete, de una sola hoja, evaluando el comportamiento mecánico que nos ofrecen los diferentes refuerzos empleados, siendo conscientes de las diferencias constructivas entre las bóvedas a ensayar con las bóvedas empleadas tradicionalmente en las construcciones.

## 6.2 Tipología de bóvedas tabicadas objeto de estudio.

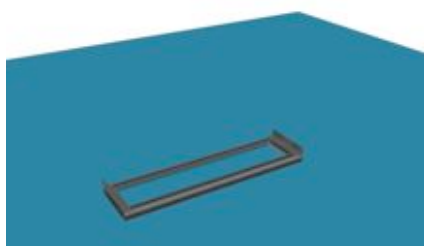
En la siguiente tabla se muestra de forma resumida el tipo de bóvedas con su codificación individual y el recubrimiento empleado.

| COD. BOV                          | RECUBRIMIENTO   | LADRILLO  | YESO        |
|-----------------------------------|---|-----------|-------------|
| CI-BA1-RY1-BO1                    | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24X12X3   | Yeso rápido |
| C2-BA2-RY1-BO2                    | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24X12X3   | Yeso rápido |
| CI-BA3-RY1-BO3                    | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24X12X3   | Yeso rápido |
| CI-BA4-RY1-BO4                    | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA5-RY1-BO5                    | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA6-RY1-BO6                    | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| SEGUNDA TANDA. BÓVEDAS REFORZADAS |   |           |             |
| CI-BA1-RY2-BO7                    | Refuerzo con malla de fibra de vidrio Armatex 44 (4x4 mm) y recubrimiento final de yeso | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA2-RY3-BO8                    | Refuerzo con malla de fibra de vidrio ARMATEX 99 (9x9 mm) y recubrimiento final de yeso | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA3-RY4-BO9                    | Refuerzo con fibras naturales (esparto) y recubrimiento final de yeso                   | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA4-RY4-BO10                   | Refuerzo con fibras naturales (esparto) y recubrimiento final de yeso                   | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA5-RY2-BO11                   | Refuerzo con malla de fibra de vidrio Armatex 44 (4x4 mm) y recubrimiento final de yeso | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA6-RY3-BO12                   | Refuerzo con malla de fibra de vidrio ARMATEX 99 (9x9 mm) y recubrimiento final de yeso | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA1-RY5-BO13                   | Refuerzo con malla metálica adherida con mortero a base de cal hidráulica               | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA2-RY5-BO14                   | Refuerzo con malla metálica adherida con mortero a base de cal hidráulica               | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA3-RY6-BO15                   | Refuerzo con fibras de carbono adherida con mortero epoxídico                           | 24x11,5x3 | Yeso rápido |
| CI-BA4-RY6-BO16                   | Refuerzo con fibras de carbono adherida con mortero epoxídico                           | 24x11,5x3 | Yeso rápido |

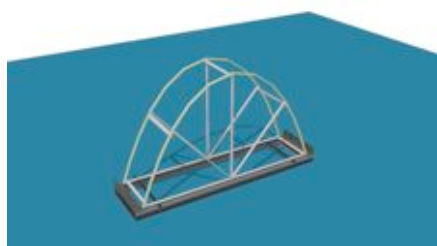
### 6.3 Ejecución material de las bóvedas tabicadas.

A continuación se describe en detalle el procedimiento constructivo ideado y llevado a cabo para la ejecución de los especímenes que serán ensayos en la campaña experimental. Se ha sido especialmente cuidadoso en idear un procedimiento que asegure en la medida de lo posible la homogeneidad de los elementos constructivos, en geometría y propiedades, con el fin de poder extraer conclusiones con suficiente grado de generalidad.

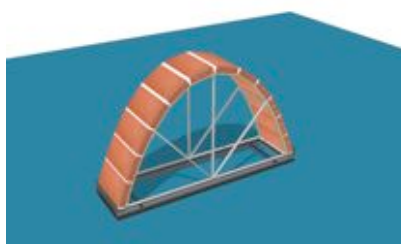
1- BASTIDOR



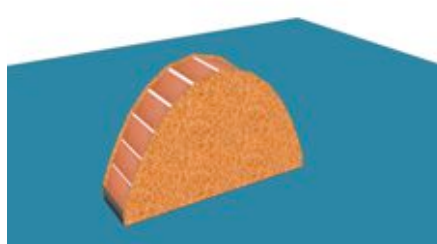
2- CIMBRA LADRILLOS



3- COLOCACIÓN LADRILLOS



4- CIMBRA REVESTIMIENTO



5- REVESTIMIENTO



6- BÓVEDA FINALIZADA



### PLATAFORMA DE TRABAJO

Preparamos una mesa de trabajo a 70 cm de altura, compuesta por 2 borriquetas y una tabla de madera que una vez nivelada apoyaremos los bastidores para la ejecución de la bóveda.



\* Plataforma de trabajo

### COLOCACIÓN BASTIDOR.

Colocamos el bastidor sobre la plataforma de trabajo, comprobamos una vez más el nivelado del bastidor, en caso de observar alguna falta de nivelación, la corregimos con unas cuñas de plástico hasta comprobar que el bastidor este lo más nivelado posible.



\* Nivelado del bastidor

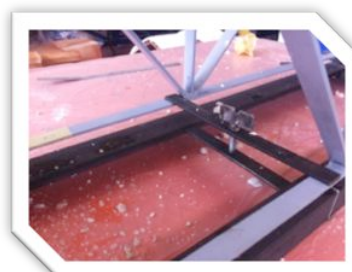
### CIMBRA

Sobre el bastidor colocamos 2 perfiles metálicos de 10x10 mm que nos servirán de descimbrado una vez ejecutada la bóveda. Posteriormente colocamos la cimbra de modo que queden alineados los centros marcados en la cimbra y el bastidor. Comprobamos las distancias existentes en los extremos del bastidor con la cimbra (dichas medidas deben ser equidistantes). Una vez replanteado sobre el bastidor procedemos a colocar la pieza de unión entre el bastidor y la cimbra para evitar posibles desplazamiento una vez iniciada la colocación de los ladrillos.

Antes de apretar los tornillos comprobamos el aplomado de la cimbra con el bastidor



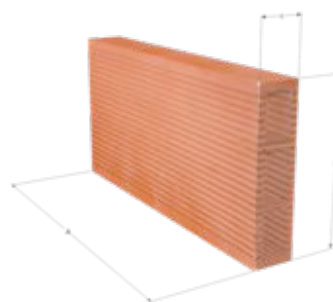
Cimbra



\* Fijación Cimbra-Bastidor

## LADRILLOS

Una vez finalizada la colocación de la cimbra procedemos a preparar los ladrillos, para ello seleccionamos los 12 ladrillos necesarios para la ejecución de una bóveda, todos ellos se numeran del 1 al 12 y se toman las medidas exactas, siendo estas anotadas en la ficha de registro de ejecución para poder analizar posteriormente las posibles desviaciones en sus dimensiones.



\*Ladrillo 3x12x24 cm

## YESO

### Amasado del yeso:

Echar agua en un recipiente adecuado a la cantidad que se desee preparar; luego espolvorear el yeso sobre el agua hasta que ya no se humedezca. Se amasará en pequeñas cantidades en función del elemento que queramos sujetar.

Para la ejecución de una bóveda se prevén tres amasadas de yeso, de modo que no sobrepasemos los tiempos límites de usos del yeso.

En caso de observar un endurecimiento del yeso antes de su uso, NO se añadirá agua para volver a amasarlo, dicha amasada no será utilizada.



\*Yeso iberplast YG

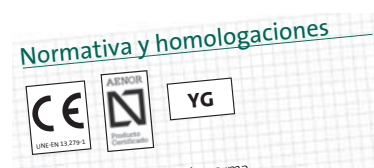
### FICHA TÉCNICA DEL YESO:

*Iberplast es un producto en base yeso constituido por sulfatos cálcico semihidratado de elevada pureza.*

*Es un yeso de construcción de granulometría gruesa y fraguado rápido, de aplicación manual, que se utiliza para trabajos de albañilería en general. También denominado como Yeso tosco rápido.*

*Iberplast es conforme a la norma: UNE-EN 13.279-1:2006. "Yeso de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción", designado como tipo B1 (yeso de construcción) según la denominación europea y como YG (yeso grueso o rápido) según la denominación tradicional.*

*Esta en posesión de la marca N de AENOR, según se establece en el Reglamento Particular RP 25.01*





## COLOCACIÓN DE LOS LADRILLOS

Una vez preparado el yeso para ser amasado, tomamos el ladrillo L1 y lo sumergimos completamente en agua. El tiempo de inmersión no sobrepasará los 2 segundos; extraemos el ladrillo del agua e iniciamos el amasado del yeso con la ayuda de la paleta catalana, solo amasamos la cantidad necesaria para la colocación de un solo ladrillo. Con la paleta impregnamos el canto del ladrillo con yeso, de un espesor mayor al de la junta, el exceso de yeso lo eliminaremos presionando el ladrillo contra el bastidor de forma que consigamos una junta completamente sellada.

Seguidamente a la colocación del ladrillo L1 procedemos a la colocación del ladrillo L12, (estos ladrillos son los que unirán la bóveda tabicada con el bastidor), de forma que vayamos construyendo la bóveda simultáneamente desde ambos extremos.

Tras colocar los ladrillos iniciales procedemos a colocar los ladrillos L2-L11-L3-L10-L4-L9-L5-L8-L6-L7.

Se seguirá el mismo proceso de colocación;

1 -Humedecido de las piezas ( tanto la pieza ha colocar como la pieza sobre la que la colocamos),

2- Impregnar el ladrillos de yeso con la ayuda de la paleta.

3- Colocar la pieza presionando el yeso hasta ubicarla en el lugar predefinido.

4- Eliminar los restos de yeso sobrante . (éstos restos no se utilizan para la colocación de la siguiente pieza).

Para la colocación de los ladrillos se prevén tres amasadas de yeso por bóveda



\* Amasada de yeso



\* Colocación Ladrillo L1



• Unión bastidor con Ladrillo L1



• Nivelado de los ladrillos



• Colocación Ladrillos

## DESCIMBRADO DE LA BÓVEDA

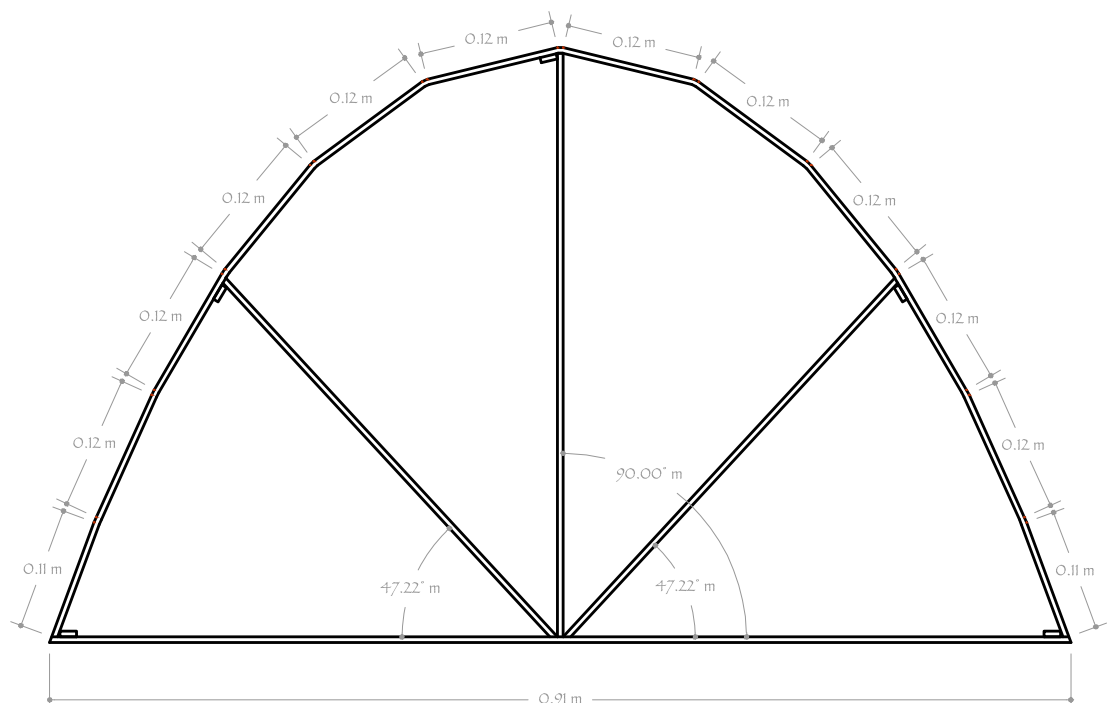
Una vez construida la bóveda ya podemos descimbrarla.

Para el descimbrado procedemos a aflojar la pieza de sujeción entre la cimbra y el bastidor; después por unos de los laterales de la bóveda quitamos los perfiles metálicos de 10x10 mm, que nos hacen de cuñas; Tras retirarlos la cimbra puede desplazarse hacia abajo 1 cm hasta encontrarse con el bastidor; este desplazamiento nos permite liberar la cimbra de los ladrillos y puede ser retirada por unos de sus laterales.



\* Cimbra colocada

## Cimbra metálica. cotas



### COLOCACIÓN CIMBRA REVESTIMIENTO

Colocamos la cimbra de madera mediante 5 tornillos de 8 mm que atraviesan la bóveda de forma que nos quede tipo “sándwich”. Esta cimbra nos servirá como guía para conseguir un espesor uniforme en toda la superficie de los ladrillos.

Antes de apretar los tornillos, debemos comprobar que la cimbra de madera sobresalga 10 mm alrededor de la sección de los ladrillos. Una vez replanteada la cimbra atornillamos para evitar movimiento durante la ejecución del revestimiento.



\* Colocación de la cimbra



\* Guía para el revestimiento continuo

### EJECUCIÓN REVESTIMIENTO

El revestimiento se ejecutará en dos tandas de enlucida de yeso. En la primera tanda se colocará una capa de yeso de aproximadamente 5 mm de espesor sobre toda la superficie de los ladrillos previamente humedecidos. En la segunda tanda se finalizará la enlucida de yeso con la ayuda de la llana, la cual apoyaremos ambos extremos sobre la cimbras para conseguir un espesor uniforme en toda la superficie.

El proceso de amasado del yeso será del mismo modo que para la colocación de los ladrillos; Se espolvoreará el yeso sobre el agua hasta que ya no se humedezca, esperaremos de 1 a 3 minutos y procedemos a amasar la cantidad de yeso que vayamos a emplear.

Para la ejecución del revestimiento se prevén tres amasadas. Una amasada para la ejecución de la tanda de relleno y dos amasadas para la ejecución de la tanda final.



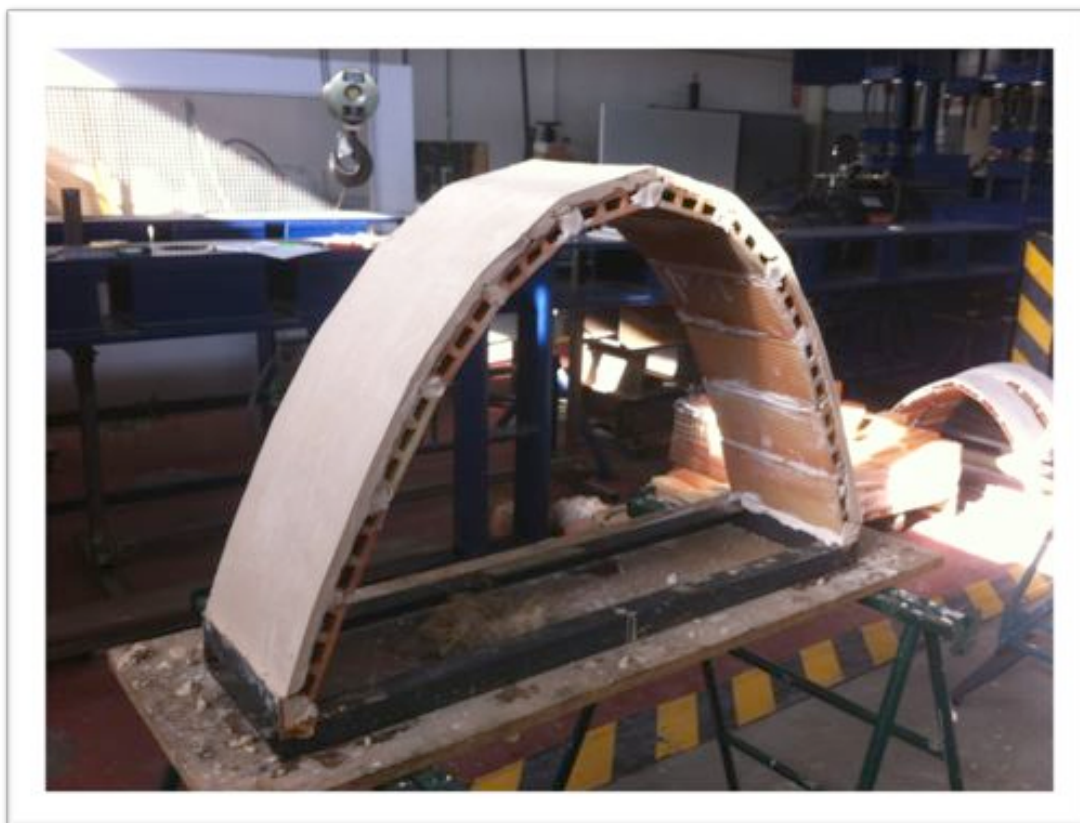
• Enlucida yeso- 1ª Tanda



• Enlucida yeso- 2ª Tanda

### BÓVEDA FINALIZADA

Tras finalizar el revestimiento se descimbra desatornillando los tornillos de sujeción de la cimbra de madera y se almacena hasta el día del ensayo.



## 6.4 Aplicación de refuerzos en las bóvedas.

### REFUERZO CON FIBRAS NATURALES. ESPARTO (RY4)

Durante la campaña experimental se prevé reforzar el recubrimiento de dos de las bóvedas mediante fibras naturales embebidas en la capa de enlucido continuo de yeso. Dicha aplicación se ejecuta de dos formas diferentes:

#### Refuerzo de la bóveda CI-BA3-RY4-BO9:

1º- Preparamos la cantidad de esparto necesaria para cubrir toda la superficie curva de la bóvedas. La cantidad de esparto alcanza un peso de 200 gramos para el refuerzo de toda la bóveda.



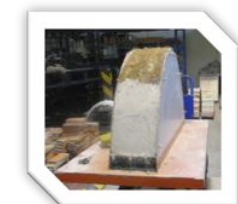
2º- Humedecemos los ladrillos y aplicamos una capa de yeso de aproximadamente 5 mm mediante el empleo de una paletina. Posteriormente, antes de que fragüe el yeso, vamos colocando el esparto de forma que quede adherido a esta primera capa de yeso.



3º- Tras colocar el esparto cubriendo toda la superficie de la bóvedas, procedemos a humedecer el esparto para que no absorba el agua de amasado del yeso que se aplicará como recubrimiento final.



4º-Finalizamos el revestimiento de la bóveda con una capa de yeso de forma que quede enrasado a la cimbra, la cual se prevé que tenga un espesor total de 1 cm.



Enlace al vídeo de youtube del proceso de ejecución:  
<https://youtu.be/QTdF-Cxngxs>

### Refuerzo de la bóveda C1-BA4-RY4-BO10:

1º- Preparamos el esparto en tiras de una longitud aproximadas de 35 cm , que una vez colocadas longitudinalmente sobre la bóvedas nos cubrirá tres ladrillos . La cantidad de esparto alcanza un peso de 200 gramos para el refuerzo de toda la bóveda.



2º- Humedecemos los ladrillos y aplicamos una capa de lechada de yeso de aproximadamente 3 mm .



3º- Amasamos de nuevo un capazo de yeso de consistencia fluida, que nos servirá para sumergir las tiras de esparto de forma que queden totalmente impregnadas de dicha lechada.



4º- Colocamos longitudinalmente sobre la bóveda las tiras de esparto impregnadas de yeso, de forma que queden trabadas.



5º- Finalizamos el revestimiento de la bóveda con una capa de yeso de forma que quede enrasado a la cimbra, la cual se prevé que tenga un espesor total de 1 cm.

Enlace al vídeo de youtube del proceso de ejecución:

<https://youtu.be/Nq65WMBQnNU>



*REFUERZO CON MALLA DE FIBRA DE VIDRIO (RY2, RY3).*

Durante la campaña de ensayos experimentales se refuerzan 4 bóvedas mediante malla de fibra de vidrio embebida en el recubrimiento de yeso. Se emplean dos tipos de mallas de diferente cuadrícula, siendo la aplicación del refuerzo en ambos casos idéntica.

| <i>COD.</i> | <i>MALLA</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i>   | <i>BÓVEDAS</i>                    |
|-------------|--------------|--|-----------------------------------|
| RY2         | ARMATEX 44   | Malla de fibra de vidrio, tejida, con protección antialcalina, utilizada para absorber posibles tensiones que tienen lugar durante el fraguado y endurecimiento de los guarnecidos y enlucidos de yeso.  | C1-BA1-RY2-BO7<br>C1-BA5-RY2-BO11 |
| RY3         | ARMATEX 99   | Malla de fibra de vidrio, tejida, con protección antialcalina, utilizada para absorber posibles tensiones que tienen lugar durante el fraguado y endurecimiento de los morteros de revocos y enfoscados. | C1-BA2-RY3-BO8<br>C1-BA6-RY3-BO12 |

EJECUCIÓN REFUERZOS CON MALLA DE FIBRA DE VIDRIO

1º- Cortamos la malla de fibra de vidrio de forma que una única pieza nos cubra toda la superficie curva de la bóveda.

2º- Humedecemos los ladrillos y aplicamos una capa de yeso de aproximadamente 5 mm mediante el empleo de una paletina. Posteriormente, antes de que fragüe el yeso, vamos colocando la malla de forma que quede adherida a esta primera capa de yeso.

3º- Tras colocar la malla finalizamos el revestimiento de la bóveda con una capa de yeso de forma que quede enrasado a la cimbra, la cual se prevé que tenga un espesor total de 1 cm.



\*Armatex 44



\*Armatex 99



*REFUERZO CON MALLA METÁLICA. (RY5)*

Se prevé reforzar el recubrimiento de dos de las bóvedas mediante la colocación de una malla metálica embebida en la capa de enlucida mediante mortero. Dicha aplicación se ejecuta en las dos bóvedas del mismo modo:

| COD. | MALLA          | DESCRIPCIÓN  | BÓVEDAS                            |
|------|----------------|--|------------------------------------|
| RY4  | Malla metálica | Tejido de armadura unidireccional de filamentos de acero al carbono de alta resistencia de 1500 g/m <sup>2</sup> . El producto puede ser utilizado con matrices orgánicas o inorgánicas para realizar consolidaciones estructurales de elementos de mampostería, cemento armado y de hormigón armado o pretensado. | CI-BA1-RY5-BO13<br>CI-BA2-RY5-BO14 |

Refuerzo de las bóvedas CI-BA1-RY4-BO13 Y CI-BA2-RY5-BO14

1º- Amasamos el mortero a base de cal hidráulica con ayuda de una mezcladora eléctrica según la dosificación especificada en la ficha técnica.



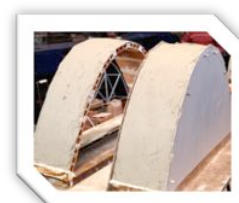
2º- Limpiamos la superficie y humedecemos los ladrillos. Aplicamos una capa de mortero de aproximadamente 5 mm mediante el empleo de una paletina.



3º- Colocamos la malla metálica, la cual ya está cortada a la longitud deseada. Al colocarla sobre la primera capa de mortero se aplica un poco de fuerza para que quede bien adherida.



4º- Aplicamos la segunda capa de mortero, de modo que la malla metálica quede totalmente cubierta. Una vez aplicada esta capa se almacena durante un día para que el mortero fragüe correctamente.



5º- Finalizamos el revestimiento de la bóveda con una capa de yeso de forma que quede enrasado a la cimbra, la cual se prevé que tenga un espesor total de 1 cm.

Enlace al vídeo en youtube del proceso de ejecución:  
[https://www.youtube.com/watch?v=Xz8Ef\\_iG\\_mg](https://www.youtube.com/watch?v=Xz8Ef_iG_mg)

## REFUERZO CON FIBRAS DE CARBONO (RY6)

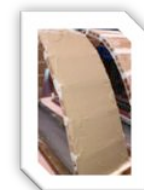
Se prevé reforzar el recubrimiento de dos de las bóvedas mediante la colocación de fibras de carbono adheridas mediante resina. Tras la colocación de dicho refuerzo, aplicaremos una capa de yeso para homogeneizar el espesor al resto de las bóvedas. Dicha aplicación se ejecuta en las dos bóvedas del mismo modo:

| COD. | MALLA             | DESCRIPCIÓN   | BÓVEDAS                            |
|------|-------------------|---|------------------------------------|
| RY4  | Fibras de carbono | Se caracterizan por sus elevadas resistencias mecánicas, espesores y pesos reducidos, velocidad y facilidad de colocación en trabajos de rápida intervención, buena reversibilidad, excelente trabajabilidad, óptima resistencia a las corrientes de fuga, a los disolventes y a los ácidos, posibilidad de acabado con | CI-BA3-RY6-BO15<br>CI-BA4-RY6-BO16 |

1º- Se mezcla el mortero epoxídico bicomponente Kimitech TX 311 (endurecedor y resina), mediante el empleo de una mezcladora. Dosificación según ficha técnica



2º- Limpiamos la superficie y aplicamos con la ayuda de una paletina sobre toda la superficie de la bóveda



3º- Colocamos la fibra de carbono (Kimitech CB) que ya esta cortada a la longitud deseada. Al colocarla aplicamos un poco de fuerza para que quede bien adherida.

4º- Una vez colocada la fibra de carbono pasamos a mezclar la resina bicomponente, Kimitech EP -IN, con ayuda de una mezcladora. Este producto se aplica con la ayuda de una brocha.



5º- Tras la aplicación con brocha en toda la superficie de la bóveda procedemos a proyectar de forma manual una capa de arena de sílice que nos servirá como base de agarre para el recubrimiento de yeso



6º- Finalizamos el revestimiento de la bóveda con una capa de yeso de forma que quede enrasado a la cimbra del revestimiento, la cual se prevé que tenga un espesor total de 1 cm.

Enlace al vídeo en youtube del proceso de ejecución:

<https://www.youtube.com/watch?v=8l6oHdOJpuA>

## 6.5 Fichas técnicas y características de los materiales empleados.

### LADRILLOS CERÁMICO HUECO 3X12X24

**MARCADO CE**  
**DECLARACION DE CONFORMIDAD**  
Directiva de productos para la construcción 89/106/CEE y su modificación 93/68/CEE

La empresa **CERÁMICAS HERMANOS FENOLLAR PLA, S.L.**, con dirección en **PLAZA MAYOR, 9**, en la localidad **RAFOL DE SALEM**, provincia de **VALENCIA** y teléfono **962813374**, declara:

Declara que el producto que se indica a continuación cumplen con las disposiciones de la norma **UNE EN 771-1:2003** Especificaciones de piezas para fábrica de alfarería. Piezas de arcilla cocida.

**CE**

|  |  |
|--|--|
| <b>Producto:</b> Pieza de arcilla cocida   | <b>Identificación:</b> 240x30x110mm    |
| <b>Condiciones Particulares:</b> Muros, pilares y particiones. Cerramiento           |  |
| <b>Dimensiones</b> 3 x 12 x 24 mm  |  |
| Categoría de tolerancia de las dimensiones   | Longitud T2<br>Anchura T2<br>Altura T2 |
| Categoría de recorte de las dimensiones  | Longitud R2<br>Anchura R2<br>Altura R2 |
| <b>Geometría y forma</b>   |  |
| Espesor de los tabiquillos interiores  | 5,5 mm ± 1mm                           |
| Espesor de los tabiquillos exteriores  | 6,0 mm ± 1mm                           |
| Orificio para la manipulación  | No aplica                              |
| Muecas para relleno con hormigón / mortero   | No aplica                              |
| Porcentaje de huecos   | 54 % ± 5 %                             |
| Densidad aparente  | 850 Kg/m <sup>3</sup>                  |
| Categoría de tolerancia de la densidad aparente                                      | D1: 10%                                |
| Densidad absoluta  | 1850 Kg/m <sup>3</sup>                 |
| Categoría de tolerancia de la densidad absoluta                                      | D1: 10%                                |
| Resistencia a compresión media   | 18,6 N/mm <sup>2</sup>                 |
| Orientación según colocación en obra   |  |
| Método de acondicionamiento: Secado al aire  |  |
| Método de preparación de la superficie: Reventado sin hueco o con huecos no rellenos |  |
| <b>Propiedades térmicas</b>  |  |
| Resistencia al hielo/deshielo  | No aplica                              |
| Expansión por humedad  | No aplica                              |
| Contenido de sales solubles activas  | No aplica                              |
| Reacción al fuego  | NPD                                    |
| Adherencia   | No aplica                              |
| Absorción de agua  | 0,9 Kg/(m <sup>2</sup> xmin)           |
| Permeabilidad al vapor de agua   | No aplica                              |
| Emisión de sustancias peligrosas   | No contiene                            |

**CERÁMICAS HERMANOS FENOLLAR PLA, S.L.**  
N.I.F.: B-46.555.500  
Pl. Mayor, 9 - Tel.: 96 288 35 16  
46043 RAFOL DE SALEM (Valencia)

**Nombre:** Cesar Fenollar Alfonso  
**Cargo:** Gerente  
**Fecha:** 25-09-2012 Valadero 31-12-2012

**Firma y sello**  
*Cesar Fenollar*

### YESO. IBERPLAST (YG)

El yeso es el adhesivo empleado para realizar las bóvedas tabicadas pues de este depende, por su rápido endurecimiento, que se puedan construir sin cimbra.

Para la ejecución material de las bóvedas se describe el procedimiento que deberá realizarse en el amasado del yeso para conseguir en todas las amasadas una dosificación aproximada.

Echar agua en un recipiente adecuado a la cantidad que se desee preparar; luego espolvorear el yeso sobre el agua hasta que ya no se humedezca. Se amasará en pequeñas cantidades en función del elemento que queramos sujetar.

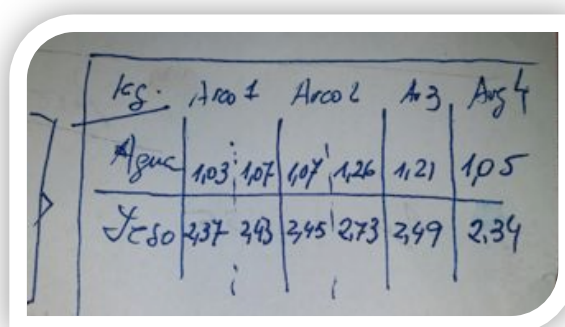
Para la ejecución de una bóveda se prevén tres amasadas de yeso, de modo que no sobrepasemos los tiempos límites de usos del yeso.

En caso de observar un endurecimiento del yeso antes de su uso, NO se añadirá agua para volver a amasarlo, dicha amasada no será utilizada.

### DOSIFICACIONES REGISTRADAS

Se presenta en una tabla los datos correspondientes al peso, obtenidos de diferentes amasadas durante la ejecución material de la bóvedas

| Kg               | M1     | M2      | M3      | M4      | M5      | M6      |
|------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Agua             | 1,03   | 1,07    | 1,07    | 1,26    | 1,21    | 1,05    |
| Yeso             | 2,37   | 2,43    | 2,45    | 2,73    | 2,49    | 2,34    |
| Relación<br>Peso | 1: 2,3 | 1: 2,27 | 1: 2,28 | 1: 2,16 | 1: 2,05 | 1: 2,22 |



| kg:  | Arco 1 | Arco 2 | Arco 3 | Arco 4 |
|------|--------|--------|--------|--------|
| Agua | 1,03   | 1,07   | 1,07   | 1,26   |
| Yeso | 2,37   | 2,43   | 2,45   | 2,73   |
|      |        |        |        |        |

- Foto: datos tomados en el laboratorio con la colaboración de Enrique Padrones.

## 2.1.1 Iberplast

siempre actualizado en  
**www.placo.es**



### Iberplast YG

IBERPLAST ES UN PRODUCTO EN BASE YESO CONSTITUIDO POR SULFATO CALCICO SEMIHIDRATADO DE ELEVADA PUREZA, OBTENIDO A PARTIR DE MINERAL DE LA MEJOR CALIDAD.

- Es un yeso de construcción de granulometría gruesa y fraguado rápido, de aplicación manual, que se utiliza para trabajos de albañilería en general; cierre de pequeños huecos y recibido de elementos auxiliares como reglas, marcos, cajas, etc. También denominado yeso negro rápido o yeso tosco rápido.

### Prestaciones



Sistema de aplicación sencillo, sin interrupciones ni tiempo de espera.



Alto rendimiento del material y del operario.



Elevadas características mecánicas.

#### Normativa y homologaciones



Iberplast es conforme a la norma UNE-EN 13.279-1:2006. "Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción", designado como tipo B1 (Yeso de construcción) según la denominación europea y como YG (Yeso grueso o rápido) según la denominación tradicional.

Esta en posesión de la marca N de AENOR, según se establece en el Reglamento Particular RP 35.01.

#### Resistencia al fuego

La resistencia al fuego es propia de un sistema y no de un producto.

#### Reacción al fuego

Iberplast está clasificado como Euroclase A1 (no contribución al fuego), al tener menos de un 1% en peso o volumen de materia orgánica, según la directiva 89/106/CEE relativa a productos de construcción.





## 2.1.1 Iberplast

Ficha técnica: Iberplast  
Versión: mayo 2011

### Ahorro de energía y aislamiento térmico

Resultados obtenidos en nuestras fábricas de Viguera VA, Gelsa GA, Soneja SO, Morón MN y San Martín SN.

**0,30**  
COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD  
TÉRMICA  $\lambda$  (W/mK)\*

**6**  
FACTOR RESISTENCIA DIFUSIÓN  
AL VAPOR DE AGUA  $\mu$

\* Determinación de la conductividad térmica según las pautas definidas en la UNE-EN-13.279-1: 2006, correspondiente a material seco aplicado en interiores. (23°C y 50% de humedad relativa). Valor para el cálculo de parámetros característicos y particiones interiores según el CTE-DB HE-1.

### Prestaciones acústicas

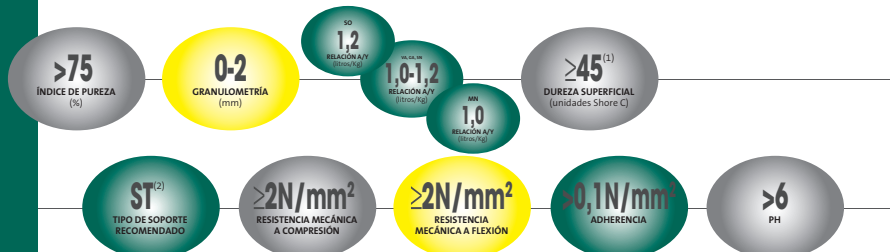
#### Aislamiento directo a ruido aéreo

El aislamiento directo a ruido aéreo es una característica de un sistema y no de un producto.

#### Absorción acústica

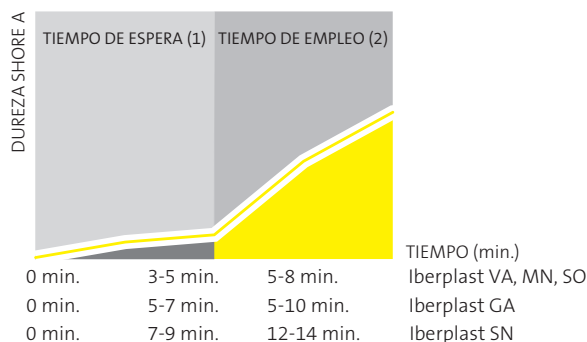
La absorción acústica es una característica de un sistema y no de un producto.

### Características técnicas



(1) Valor medio en laboratorio, según Anexo K del RP 35.01 (Reglamento particular de Yesos construcción B1).  
(2) Soporte tradicional; ladrillo cerámico, hormigón y bloque picón.

### Tiempos de empleo



(1) Tiempo de espera entre el amasado del producto y su comienzo de uso.

(2) Tiempo durante el cual la pasta de yeso tiene la consistencia adecuada para poder ser aplicada.

Nota: los tiempos de empleo pueden sufrir variaciones en función del tipo de soporte, temperatura ambiente y del soporte, relación A/Y empleada y Ph del agua empleada.

## 2.1.1 Iberplast

siempre actualizado en  
**www.placo.es**

### Aplicación

#### Preparación del soporte

##### Limpieza

La superficie se encontrará libre de polvo, partículas, eflorescencias, desencofrantes y otros residuos que comprometan la adherencia del revestimiento, para lo que se procederá a su limpieza en caso que se considere necesario.

#### Puesta en obra

##### Modo de empleo:



**1** Echar agua en un recipiente adecuado a la cantidad que se desee preparar; luego espolvorear el yeso sobre el agua hasta que ya no se humedezca.



**2** Se amasará a mano en pequeñas cantidades en función del elemento que queramos sujetar.



**3** Iberplast se utiliza para la sujeción de instalaciones y elementos auxiliares.

#### Decoración y pintado

La aplicación posterior de pinturas deberá realizarse siguiendo las recomendaciones del fabricante de pinturas.

### Indicaciones importantes

La temperatura de aplicación recomendada es de 5°C a 40°C.

#### Notas legales:

Esta información, y en particular las recomendaciones relativas a la aplicación y datos técnicos, están basadas en nuestra experiencia y conocimiento actuales, así como en los usos previstos y aplicaciones más habituales de nuestros productos, estando sujetas a las condiciones finales de obra o de aplicación. La última versión actualizada de la hoja técnica de producto, se encontrará disponible en la página Web [www.placo.es](http://www.placo.es). Existen hojas de seguridad de todos nuestros productos, a su disposición.

### Acondicionamiento

Iberplast GA, SO, VA 64 sacos/palé

20 kg./saco

Iberplast SN, MN 48/64 sacos/palé

20 kg./saco

Iberplast MN 72 sacos/palé

17 kg./saco



### Almacenaje y conservación

Los sacos deberán ser almacenados sobre superficies planas y nunca a la intemperie, manteniendo el material a cubierto resguardado de la luz solar y de la humedad.

Iberplast se fabrica en nuestras plantas industriales de Viguera VA, Gelsa GA, Soneja SO, Morón MN y San Martín SN.

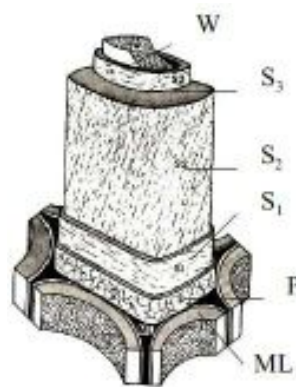
### FIBRAS NATURALES.

Sobre las fibras naturales encontramos documentación muy detallada en la Tesis de Vanesa Gonzalo Sánchez con el título *Moteros de barro estabilizados con fibras de paja, esparto u sisal para su uso como revestimiento*.

Las fibras naturales son materiales lignocelulósicos que se encuentran distribuidos en forma de árboles, plantas y cultivos. Estas fibras están compuestas mayoritariamente por tres polímeros estructurales: celulosa, hemicelulosa y lignina.

Respecto a su organización estructural, las fibras son paquetes de células de paredes gruesas y alargadas, compuestas de microfibras más pequeñas y huecas, que se adhieren a una matriz de hemicelulosa/lignina. Comprenden diversas microestructuras dispuestas en forma de anillos microscópicos organizados en torno al lumen.

La pared celular de la fibra vegetal se compone de una pared primaria (P) y una pared secundaria (S). La pared primaria se forma durante el crecimiento de la célula. Las paredes primarias de dos células adyacentes están unidas entre sí por lignina, denominándose esta capa, lámina media (ML). La pared celular secundaria, consta a su vez de tres capas (S1, S2 y S3), estas capas están formadas por fibrillas de celulosa semicristalinas orientadas e introducidas en la matriz de hemicelulosa/lignina de composición variable. En la capa exterior e interior (S1 y S3) de la pared secundaria, las fibrillas están dispuestas formando un amplio ángulo con el eje de la célula, mientras que la disposición de las fibrillas en la capa intermedia gruesa (S2) es prácticamente paralela al eje (Moriana Torró. R., Gonzalo Sánchez, V.).



La composición química de las fibras va a determinar propiedades como la tensión o el Módulo de Young, los que aumentan a medida que el contenido de celulosa es mayor:

El uso de las fibras naturales en construcción como alternativa a las sintéticas está aumentando notablemente en los últimos tiempos, debido a las múltiples ventajas que éstas presentan:

La gran producción neta anual.

El posible aprovechamiento de residuos generados en la cosecha de cultivos como el trigo, la cebada... que de otra manera son excedentes a los que no se les da salida.

La escasa energía que se necesita para su producción: las fibras naturales necesitan menos del 10% de la energía empleada para la producción de fibras de polipropileno, en torno a 90 GJ/t, (J. E.G. van Dam y H. L. Bos).

El escaso impacto medioambiental que suponen: son biodegradables.

El bajo coste económico de su obtención.

*También presentan una serie de inconvenientes como pueden ser que ofrecen resistencias, por lo general, ligeramente inferiores a las sintéticas, que no todas presentan propiedades homogéneas y que su utilización está ligada habitualmente a su lugar de producción.* (Gonzalo Sánchez, V).

#### ESPARTO:

El esparto o atocha (*Stipa tenacissima* L.,) constituye una de las formaciones vegetales más características de las zonas semiáridas de la Península Ibérica y del norte de África. Es una gramínea perenne con forma de mata, compuesta por un conjunto de macollas de crecimiento radial.

*Su capacidad de adaptación al medio le ha permitido expandirse con éxito por los adversos ambientes semiáridos mediterráneos. Se distribuyen de manera natural por: Libia, Túnez, Argelia y Marruecos; y la Península Ibérica. Suele desarrollarse en suelos pobres, pedregosos, limosos, calizos, yesosos o arcillosos desde el nivel del mar hasta altitudes de más de 2.000 m.* (Gonzalo Sánchez, V).



\* Esparto

*La recolección de la fibra se mantuvo hasta mitad del siglo XX. Esta actividad aumentó de manera significativa en el siglo XIX, debido a las abundantes cantidades de pasta de papel que se fabricaban. Debido a sus usos, el ser humano ha promovido la expansión del esparto e incluso lo ha cultivado estimulando su crecimiento. El traslado de las gentes del campo a la ciudad, principalmente a partir de la década de los setenta, junto con la aparición de las fibras sintéticas, provocó que la superficie de los espartizales y su producción disminuyeran de manera drástica.* (Gonzalo Sánchez, V).

## MALLA DE FIBRA DE VIDRIO ARMATEX 44

## Construcción

## Hoja de Datos de Producto

Edición 25/09/06  
Identificación nº 11.4.4  
Versión nº 1  
Armatex 44

## Armatex 44

## Malla de fibra de vidrio para enlucidos de yeso

|   |   |
|---|---|
| <b>Descripción del Producto</b>                   | Malla de fibra de vidrio, tejida, con protección antialcalina, utilizada para absorber posibles tensiones que tienen lugar durante el fraguado y endurecimiento de los guarnecidos y enlucidos de yeso.   |
| <b>Usos</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Refuerzo de guarnecidos y enlucidos de yeso en superficies y/o puntos singulares (esquinas, encuentros, etc.) reduciendo considerablemente el riesgo de fisuración.</li> <li>■ Punteo de juntas de unión entre materiales de construcción de diferente naturaleza.</li> </ul>          |
| <b>Características/Ventajas</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reduce considerablemente el riesgo de fisuración en los yesos utilizados para guarnecidos y/o enlucidos.</li> <li>■ Facilita la colocación del yeso sobre soportes lisos, mejorando el agarre de éste, reduciendo las pérdidas y aumentando los rendimientos de colocación.</li> </ul> |
| <b>Datos del Producto</b>                         |   |
| <b>Forma</b>                                      |   |
| <b>Apariencia/Color</b>                           | Blanco.   |
| <b>Presentación</b>                               | Rollos de 50 x 1m.  |
| <b>Almacenamiento</b>                             |   |
| <b>Condiciones de Almacenamiento/Conservación</b> | En lugar seco y fresco. Los rollos deben colocarse en posición vertical sobre soporte plano   |
| <b>Datos Técnicos</b>                             |   |
| <b>Composición química</b>                        | Fibra de vidrio con protección antialcalina   |
| <b>Peso medio</b>                                 | 73 g/m <sup>2</sup> .   |
| <b>Luz de malla</b>                               | 4 x 4 mm.   |
| <b>Propiedades Mecánicas/Físicas</b>              |   |
| <b>Resistencia a la tracción</b>                  | Trama 650 N/5 cm.<br>Urdimbre 640 N/5 cm.   |
| <b>Alargamiento de rotura</b>                     | Trama 3.8%<br>Urdimbre 3.8%   |



11.4.4

# Construcción

## Información del Sistema

**Estructura del sistema** La malla debe colocarse plenamente embebida en la pasta de yeso.

## Detalles de Aplicación

**Calidad del Soporte** El soporte deberá estar sano, limpio, exento de grasas y aceites y libre de polvo, lechadas y partes sueltas o mal adheridas.

## Instrucciones de Aplicación

**Método de Aplicación/ Herramientas** *Para embeber en el yeso:*

Aplicar una primera mano de yeso y cuando aún esté fresco, embeber la malla con ayuda de una llana lisa, presionando desde el centro de la malla hacia los laterales de la misma. Proceder a aplicar la segunda mano de yeso cuando la primera haya endurecido.

*Para mejorar la adherencia:*

Previamente a la colocación, se aconseja enrollar la malla en sentido contrario al que muestra para eliminar la curvatura y así evitar arqueos durante la colocación sobre superficies planas.

A continuación, con el fin de mantener la malla sujeta al soporte hasta que reciba el yeso de recubrimiento, se colocará la trama (mecha plana) en posición horizontal fijando la malla al soporte con la masilla de poliuretano Sikaflex-11 FC (por puntos), con yeso o con cualquier otro material compatible con la malla y el soporte.

En todos los casos la malla deberá solaparse al menos 5 cm en las uniones que tenga entre sí.

**Notas de Aplicación / Limitaciones** Compatible con todo tipo de yesos.

**Notas** Todos los datos técnicos indicados en esta Hoja de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

**Instrucciones de Seguridad e Higiene** Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de residuos de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad.

## Notas Legales

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben de conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copia de las cuales se mandarán a quién las solicite, o también se puede conseguir en la página "www.sika.es".

### OFICINAS CENTRALES Y FABRICA

Madrid 28108 - Alcobendas  
P. I. Alcobendas  
Carretera de Fuencarral, 72  
Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38

### OFICINAS CENTRALES Y CENTRO LOGÍSTICO

Madrid 28108 - Alcobendas  
P. I. Alcobendas  
C/ Aragoneses, 17  
Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38



Armatex 44

2/2

1132

## MALLA DE FIBRA DE VIDRIO ARMATEX 99

## Construcción

## Hoja de Datos de Producto

Edición 25/09/06

Identificación nº 11.4.5

Versión nº 1

Armatex 99

## Armatex 99

Malla de fibra de vidrio para revocos de mortero

## Descripción del Producto

Malla de fibra de vidrio, tejida, con protección antialcalina, utilizada para absorber posibles tensiones que tienen lugar durante el fraguado y endurecimiento de los morteros de revocos y enfoscados.

## Usos

- Refuerzo de enfoscados de morteros tradicionales en superficies y/o puntos singulares (esquinas, encuentros, etc.) reduciendo considerablemente el riesgo de fisuración.
- Puenteo de juntas de unión entre materiales de construcción de diferente naturaleza.
- Colocada sobre materiales aislantes (planchas de poliestireno, etc.) facilita la puesta en obra del mortero sobre estos materiales

## Características/Ventajas

- Reduce considerablemente el riesgo de fisuración en los morteros utilizados para revocos y/o enfoscados.
- Facilita la colocación del mortero sobre soportes lisos, mejorando el agarre de éste, reduciendo las pérdidas de mortero y aumentando los rendimientos de colocación.
- Fácil de cortar y colocar

## Datos del Producto

## Forma

## Apariencia / Color

Amarillo

## Presentación

Rollos de 50 x 1m

## Almacenamiento

## Condiciones de Almacenamiento/Conservación

Mantener en lugar seco, al abrigo de las heladas y la acción directa del sol. Los rollos deben colocarse en posición vertical sobre soporte plano.

## Datos Técnicos

## Composición química

Malla de fibra de vidrio con protección antialcalina.

## Espesor

0,48 mm

## Luz de malla

9 x 9 mm.

## Peso medio

130 g/m².



11.4.5



# Construcción

## Propiedades Mecánicas/Físicas

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Resistencia a Tracción</b> | Trama 220 daN/5 cm<br>Urdimbre 160 daN/5 cm |
| <b>Alargamiento a rotura</b>  | Trama 4%<br>Urdimbre 4%                     |

## Información del Sistema

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Estructura del Sistema</b> | La malla debe colocarse plenamente embebida en mortero de cemento. |
|-------------------------------|--|

## Detalles de Aplicación

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Calidad del Soporte</b> | El soporte deberá estar sano, limpio, exento de grasas y aceites y libre de polvo, lechadas y partes sueltas o mal adheridas. |
|----------------------------|---|

## Instrucciones de Aplicación

|   |  |
|---|--|
| <b>Método de Aplicación/ Herramientas</b> | <p><i>Para embeber en morteros:</i></p> <p>Aplicar una primera mano de mortero y cuando aún esté fresco, embeber la malla con ayuda de una llana lisa, presionando desde el centro de la malla hacia los laterales de la misma. Proceder a aplicar la segunda mano de yeso cuando la primera haya endurecido.</p> <p><i>Para mejorar la adherencia:</i></p> <p>Previamente a la colocación, se aconseja enrollar la malla en sentido contrario al que muestra para eliminar la curvatura y así evitar arcos durante la colocación sobre superficies planas.</p> <p>A continuación, con el fin de mantener la malla sujeta al soporte hasta que reciba el yeso de recubrimiento, se colocará la trama (mecha plana) en posición horizontal fijando la malla al soporte con la masilla de poliuretano Sikaflex-11 FC (por puntos), con yeso o con cualquier otro material compatible con la malla y el soporte.</p> <p>En todos los casos la malla deberá solaparse al menos 5 cm en las uniones que tenga entre sí.</p> |
|---|--|

|  |   |
|--|---|
| <b>Notas de Aplicación/ Limitaciones</b> | Compatible con todos los aditivos Sika para morteros. El mortero a utilizar deberá tener en todos los casos un tamaño máximo de áridos de 4 mm. |
|--|---|

|              |  |
|--------------|--|
| <b>Notas</b> | Todos los datos técnicos indicados en esta Hoja de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control. |
|--------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Instrucciones de Seguridad e Higiene</b> | Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de residuos de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad. |
|---|---|

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Notas Legales</b> | Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben de conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copia de las cuales se mandarán a quién las solicite, o también se puede conseguir en la página "www.sika.es". |
|----------------------|--|



### OFICINAS CENTRALES Y FABRICA

Madrid 28108 - Alcobendas  
P. I. Alcobendas  
Carretera de Fuencarral, 72  
Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38

### OFICINAS CENTRALES Y CENTRO LOGÍSTICO

Madrid 28108 - Alcobendas  
P. I. Alcobendas  
C/ Aragoneses, 17  
Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38



Armatex 99

2/2

## KIMITECH TX 311. MORTERO EPOXÍDICO

Kimia

## Kimitech TX 311

ST3-0607

**Descripción**

Kimitech TX311 es un mortero adhesivo epoxídico bicomponente sin disolventes que se puede aplicar con espátula y presenta una excelente adhesión a distintos soportes como hormigón, ladrillo, piedra, madera y acero. Kimitech TX311 se utiliza como mortero de nivelación o adhesivo estructural en las consolidaciones con tejidos Kimitech.

**Utilización**

- Encolados estructurales de alta resistencia de materiales de construcción: hormigón, ladrillos, piedras y madera
- Refuerzos estructurales de bóvedas, mampostería y obras de hormigón armado mediante sistemas compuestos de tejidos Kimitech. En la aplicación de tejidos, además de garantizar una elevada adhesión al soporte, permite su perfecta colocación y evita la formación de peligrosas burbujas de aire.

**Aplicación**

Para la realización de los diversos tipos de intervención consúltense las especificaciones de referencia y las fichas técnicas de los materiales a utilizar. El producto se suministra en envases predosificados con una relación de resina/ endurecedor de 1/1 para facilitar la preparación en la obra de pequeñas dosis sin errores de mezcla (los dos productos tienen un color distinto). Mezclar bien la parte A (resina) con la parte B (endurecedor) hasta obtener un color uniforme y aplicarla con una espátula sobre los soportes limpios, secos y exentos de polvo y partes inconsistentes. Mezclar la cantidad de resina prevista para poder utilizar el producto durante el tiempo de trabajabilidad.

**Refuerzos estructurales con sistemas compuestos**

Preparar las superficies a reforzar (los soportes de hormigón deben presentar una resistencia a la rotura a tracción directa superior a 1,5 N/mm<sup>2</sup>) y aplicar la imprimación Kimicover FIX. Mezclar bien los dos componentes y aplicar el producto en capas uniformes con una espátula de hierro. En fresco, extender el tejido y, con un rodillo metálico adecuado, ejercer una ligera presión sobre el mismo para adherirlo uniformemente y evitar la formación de peligrosas burbujas de aire. En fresco, impregnar el tejido con resina fluida Kimitech EP-IN. Si necesita aplicar más capas de refuerzo, contactar con nuestro Departamento Técnico.

**Consumos**

1,7 kg/m<sup>2</sup> por cada mm de espesor.

**Característica de adhesión**

- Pruebas realizadas en hormigón de clase 500, con 28 días de curado, mediante ligero arenado y aplicación de Kimicover FIX sobre las partes a encolar.
- Resistencia a flexión entre prismas de hormigón encolados en la parte delantera con Kimitech TX311: rotura al 100% del hormigón.
- Resistencia al corte de elementos de hormigón encolados con Kimitech TX311: rotura al 100% del hormigón.

| Características                                | Valor                        |
|--|------------------------------|
| Numero de componentes                          | 2 (A+B)                      |
| Tiempo de trabajabilidad                       | 30 minutos                   |
| Endurecimiento completo a 25°C                 | 7 días                       |
| Temperatura mínima de aplicación               | + 5 °C                       |
| Temperatura borde de ejercicio                 | - 30 / + 90 °C               |
| Consistencia (A+B)                             | Producto tixotropico         |
| Residuo seco (A+B) UNI 8309                    | > 98 %                       |
| Resistencia a compresión en 1 gg ASTM D695-02a | > 26 MPa                     |
| Resistencia a compresión en 7 gg ASTM D695-02a | > 38 MPa                     |
| Resistencia a flexión en 1 gg ASTM D790        | > 21 MPa                     |
| Resistencia a flexión en 7 gg ASTM D790        | > 23 MPa                     |
| Adhesión al hormigón                           | > 3 (rotura del soporte) MPa |

**Envases**

Recipientes metálicos de 10 kg (A+B).

Recipientes metálicos de 20 kg (A+B).

**Almacenamiento**

En envases herméticamente cerrados y ambiente seco, se conserva durante 24 meses.

**Advertencias**

Producto destinado a uso profesional. No utilizar Kimitech TX311 para el encolado de láminas Kimitech PLATE (en este caso, usar Kimitech EP-TX). No aplicar el producto si se prevén lluvias inminentes. Las herramientas empleadas para la preparación y colocación en obra de Kimitech TX311 deben limpiarse con Solvente EPOX antes de que éste se endurezca. El producto debe ser manejado con precaución: utilizar guantes, cremas de protección y gafas para evitar el contacto con la piel y los ojos. Las características técnicas y las modalidades de aplicación aquí descritas se fundan sobre nuestros conocimientos y experiencias actuales, pero no representan garantía alguna de parte nuestra acerca del resultado final del producto aplicado.

El cliente debe asegurarse que el producto sea idóneo para el uso previsto y también debe verificar que el boletín técnico sea válido y que no se hayan emitido actualizaciones sucesivas (utilice el QR-código para la descarga de la última versión de este documento).



Kimia S.p.A. - Via del Rame, 73 - 06134 Ponte Felcino PG

Tel (+39) 075.5918071 - Fax (+39) 075.5913378 - www.kimia.it - info@kimia.it.

Desde 1995, Kimia S.p.A. trabaja en Sistema de Calidad Certificado, actualmente de acuerdo con la norma UNI EN ISO 9001:2008.

## KIMITECH EP-IN. RESINA EPOXÍDICA

Kimia

## Kimitech EP-IN

ST8-1214

**Adhesivo epoxídico bicomponente fluido para encolados estructurales mediante inyectado, para anclajes verticales o ligeramente inclinados. Se emplea además para soleras epoxídicas mezclándolo con Kimifill. Producto marcado CE como encolado estructural según la EN 1504-4.**

**Descripción**

Kimitech EP-IN es una resina epoxídica fluida con dos componentes de baja viscosidad con adhesivo estructural de hormigón, acero, madera y material lapídeo.

Kimitech EP-IN tiene un alto poder humectante, ideal para impregnar tejidos y cintas de elevado gramaje y para penetrar fácilmente en fisuras y microfisuras (hasta 0,3 mm de espesor).



Posee óptimas propiedades dieléctricas que protegen las armaduras contra las corrientes de fuga.

El producto se suministra en dos recipientes predosificados (A + B), de los cuales la parte "A" está sobredimensionada para permitir con los mismos una mezcla fácil. Kimitech EP-IN es marcado CE como encolado estructural según la EN 1504-4.

**Utilización**

Impregnación de tejidos para el refuerzo estructural, "Béton-Plaqué", inyecciones en estructuras dañadas, anclajes verticales y oblicuos, chorros epoxy cargados con inertes Kimifill (para la restitución de partes que faltan en estructuras de madera, la restitución de pavimentos en resina y para la rehabilitación de chorros degradados).

**Capiulados descriptivos y lista de precios**

- Anclaje de armadura sobre estructuras compactas de hormigón armado, cocido, piedra, madera con agujeros verticales o inclinados hacia abajo (SK 3)
- Impermeabilización de obras sometidas a fuertes agresividad química (SK 13)
- Pavimentos corazzate ad alto spessore con resina epoxídica - Kimifloor INDUSTRIA (SK 32)
- Rehabilitación de estructuras sin alteración de forma al intradós (SK 57)
- Rehabilitación de traveseras de madera dañadas en correspondencia del apoyo sobre la mampostería (SK 58)
- Refuerzo estructura previo encolada y impregnación de tejidos de fibra de carbono (SK 61)
- Refuerzo estructural previo encolada y impregnación de tejidos de fibra de vetro (SK 62)
- Rehabilitación y sellado de juntas dañadas (SK 31)

**Aplicación**

Para la realización de los diversos tipos de intervención consúltense las especificaciones de referencia y las fichas técnicas de los materiales a utilizar. Antes de proceder al tratamiento de las superficies, éstas deben estar perfectamente secas (hormigones de obra nueva secos desde al menos 4 semanas), exentas de partes inconsistentes, polvo, grasa, pinturas y, en general, agentes que puedan desprenderse. Echar el componente "B" (endurecedor) en el componente "A" (resina) y mezclar cuidadosamente usando un taladro con revoluciones al mínimo (200-300 por minuto) hasta obtener una masa homogénea y tratando de no introducir aire en la mezcla. En el caso de mezclas fraccionadas respetar las proporciones en peso (no en volumen) indicadas en los envases. Mezclar una cantidad de producto no superior a la que puede

aplicarse durante el tiempo de enfriamiento.

**Inyecciones en estructuras dañadas**

Una vez reparada la grieta y eliminado el polvo con aire comprimido, estucar la superficie con adhesivo epoxídico Kimitech EP-TX. Con el adhesivo aún fresco, introducir en la grieta dos tubos de cobre o de plástico, uno para inyectar la resina y el otro para indicar el nivel de saturación de la grieta. Una vez mezclados los dos componentes de la resina Kimitech EP-IN, efectuar la inyección correspondiente con la pistola MM/TL o AC/TL o una bomba de baja presión. Para los rellenos sobre estructuras de mampostería mixta, donde pueden observarse importantes dispersiones térmicas, existe la posibilidad de añadir polvo Kimifill WR4 al producto para compactarlo.

**Anclajes verticales y oblicuos**

Limpieza de los agujeros con aire comprimido.

Una vez mezclados los dos componentes, si la longitud de los agujeros no supera los 40 cm, verter la mezcla e introducir la barra haciéndola girar sobre sí misma para permitir que el exceso de resina salga por los agujeros.

Si los agujeros son más largos, rellenar por inyección con la pistola MM/TL o AC/TL conectada al tubo de plástico que baja hasta casi la mitad del agujero y luego introducir la barra.

Para los anclajes sobre estructuras de mampostería mixta, donde pueden observarse importantes dispersiones térmicas, existe la posibilidad de añadir polvo Kimifill WR4 al producto para compactarlo.

**Restitución del original de partes que faltan y consolidación de estructuras portantes de madera**

Al consolidar las estructuras de madera, mezclar la resina con serrín muy fino y seco, para estucar a cara vista, mezclar con cuarzo Kimifill HM en una combinación de resina-cuarzo de 1:5 para la restitución de partes inconsistentes o que falten (para estas tareas, contactar con nuestro Departamento Técnico).

**Restitución del original de pavimentos de hormigón y elaboración de morteros aplicables con espátula**

Antes de proceder al tratamiento de las superficies, éstas deben estar perfectamente secas (morteros y hormigones de obra nueva secos desde al menos 2 semanas), exentas de partes inconsistentes, polvo, grasa, pinturas y, en general, agentes que puedan desprenderse.

Los soportes de hormigón deben estar previamente tratados con una mano de Kimicover FIX o de Kimitech PRIMER.

Una vez mezclada la resina con el endurecedor, añadir el cuarzo Kimifill HM en una relación de 1:10, y luego restituir el original de las partes de hormigón que faltan o aplicar un revestimiento continuo sobre todo el pavimento.

Una vez que ha endurecido, proceder al acabado con resinas Kimitech o Kimicover.

**Refuerzos estructurales con sistemas compuestos**

Una vez preparada la superficie a tratar y aplicado el adhesivo epoxídico Kimitech EP-TX o el mortero epoxídico Kimitech TX311 (contactar con nuestro Departamento Técnico), extender el tejido y, con un rodillo metálico adecuado, ejercer una ligera presión para favorecer su adhesión y evitar la formación de peligrosas burbujas de aire. Aplicar varias manos de Kimitech EP-IN con pincel sobre el

Kimia S.p.A. - Via del Rame, 73 - 06134 Ponte Felcino PG

Tel (+39) 075.5918071 - Fax (+39) 075.5913378 - www.kimia.it - info@kimia.it

Desde 1995, Kimia S.p.A. trabaja en Sistema de Calidad Certificado, actualmente de acuerdo con la norma UNI EN ISO 9001:2008.

tejido para que quede bien impregnado en el tejido. Aplicar las capas una tras otra. Si necesita aplicar más capas de refuerzo o proteger dicho refuerzo, contactar con nuestro Departamento Técnico.

#### Adecuación estructural mediante la técnica del enchapado ("Béton-Plaqué")

Arenar las superficies de hormigón o de acero a encolar a fin de eliminar respectivamente las lechadas de cemento y cualquier residuo por extrusión. Los soportes de hormigón deben estar previamente tratados con una mano de Kimicover FIX o Kimitech PRIMER. Mezclar bien la resina y, según la viscosidad o consistencia necesaria, utilizarla tal cual o mezclada con áridos Kimifill.

| Características                                | Valor                  |
|--|------------------------|
| Numero de componentes                          | 2 (A+B)                |
| Densidad (A+B) UNI EN ISO 2811-1               | 1,08 g/cm <sup>3</sup> |
| Tiempo de helamiento (200 g a 25°C)            | 25 minutos             |
| Endurecimiento completo a 25°C                 | 7 días                 |
| Temperatura mínima de aplicación               | +5 °C                  |
| Relación resina/endurecedor                    | 100 / 50 in peso       |
| Color  | Trasparente            |
| Viscosidad (poises a 25°C)                     | 8 - 10 (A+B)           |
| Residuo seco (A+B) UNI 8309                    | > 98 %                 |
| Resistencia a compresión en 7 gg ASTM D695-02a | > 50 MPa               |
| Máxima tensión a tracción ASTM D 638           | > 30 MPa               |
| Módulo tangente a tracción ASTM D 638          | 1760 MPa               |

| Características   | Limites EN 1504-4<br>"Metodo di<br>riparazione 4.3<br>Rinforzo con piastra<br>aderente" | Valor típico  |       |
|---|---|---|-------|
| Modulo de elasticidad en<br>compresión [MPa]<br>EN 13412              | ≥ 2000  | 3406  |       |
| Tiempo de trabajabilidad<br>EN ISO 9514                               | Valor impreso   | A 15 min = 3,4<br>MPa<br>A 30 min = 3,2<br>MPa<br>A 45 min = 1,8<br>MPa |       |
| Coefficiente de expansión<br>térmica [µm/m°C]<br>EN 1770              | ≤ 100   | 98,5  |       |
| Temperatura de transición<br>vitrea [°C]<br>EN 12614                  | ≥ 40  | 43,7  |       |
| Retracción total por agentes<br>adhesivos estructurales<br>EN 12617-1 | ≤ 0,1 %   | 0,06 %  |       |
| Adherencia acero-acero<br>[MPa]<br>EN 12188                           | Corte   |   |       |
|   | 50°   | 60°   | 70°   |
|   | ≥ 50  | ≥ 60  | ≥ 70  |
|   | 65,3  | 85,6  | 119,1 |
|   | Tracción  |   |       |
|   | ≥ 14  |   | 18,3  |

| Características            | Limites EN 1504-4<br>"Metodo di riparazione 4.3<br>Rinforzo con piastra aderente" | Valor típico            |
|----------------------------|---|-------------------------|
| Tiempo abierto<br>EN 12189 | Valor impreso ±20%  | Especificación superada |
| Durabilidad<br>EN 13733    | Las pruebas no deben romperse tras ciclos térmicos o calor-humedad                | Especificación superada |

#### Envases

Recipientes metálicos de 6 kg (A+B).

Recipientes metálicos de 18 kg (A+B).

#### Almacenamiento

Es sensible a la humedad. En envases herméticamente cerrados y ambiente seco, se conserva durante 24 meses.

#### Advertencias

Producto destinado a uso profesional.

No aplicar el producto sobre superficies mojadas o con polvo.

Las herramientas empleadas para la preparación y colocación en obra de Kimitech EP-IN deben ser limpiadas con Solvente EPOX antes de que éste se endurezca.

El serrín o los áridos de cuarzo Kimifill eventualmente añadidos al producto deberán estar perfectamente secos.

El producto debe ser manejado con precaución: utilizar guantes, cremas de protección y gafas para evitar el contacto con la piel y los ojos.

Las características técnicas y las modalidades de aplicación aquí descritas se fundan sobre nuestros conocimientos y experiencias actuales, pero no representan garantía alguna de parte nuestra acerca del resultado final del producto aplicado.

El cliente debe asegurarse que el producto sea idóneo para el uso previsto y también debe verificar que el boletín técnico sea válido y que no se hayan emitido actualizaciones sucesivas (utilice el QR-código para la descarga de la última versión de este documento).



Kimia S.p.A. - Via del Rame, 73 - 06134 Ponte Felcino PG

Tel (+39) 075.5918071 - Fax (+39) 075.5913378 - [www.kimia.it](http://www.kimia.it) - [info@kimia.it](mailto:info@kimia.it)

Desde 1995, Kimia S.p.A. trabaja en Sistema de Calidad Certificado, actualmente de acuerdo con la norma UNI EN ISO 9001:2008.

## KIMITECH CB . FIBRA DE CARBONO

Kimia

## Kimitech CB

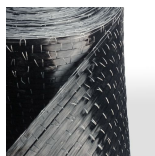
ST8-1014

**Kimitech CB es una familia de tejidos de refuerzo de fibra de carbono de peso y textura diferentes, específica para la consolidación estructural.**

**Descripción**

Kimitech CB es una familia de tejidos de refuerzo de fibra de carbono de peso y textura diferentes, específica para la consolidación estructural.

Se caracterizan por sus elevadas resistencias mecánicas, espesores y pesos reducidos, velocidad y facilidad de colocación en trabajos de rápida intervención, buena reversibilidad, excelente trabajabilidad, óptima resistencia a las corrientes de fuga, a los disolventes y a los ácidos, posibilidad de acabado con alisadores, revoques, barnices o protección anti-incendio.

**Utilización**

Los tejidos Kimitech CB se utilizan para el refuerzo estructural y no estructural de obras en hormigón armado, madera y mampostería. Son idóneos para el revestimiento de elementos inflexibles, para el refuerzo de vigas y traveseras y para el refuerzo estructural de pilares y columnas.

**Capitulos Técnicos**

- Rinforzo strutturale previo incollaggio ed impregnazione di tessuti in fibra di carbonio (SK 61)

|   | VALOR TÍPICO |
|---|--------------|
| Color   | Negro        |
| Densidad [g/cm³]                                | 1,8          |
| Módulo elástico a tracción Efib [GPa]           | 230          |
| Tensión de rotura a tracción del hilo ffb [MPa] | 4800         |
| Alargamiento a rotura efib [%]                  | 1,9          |

| Artículo            | g/mq | Tejeduría           | t** [mm] | Resistencia** [N/mm] | b*** [mm] |
|---------------------|------|---------------------|----------|----------------------|-----------|
| Kimitech CB 230*    | 230  | Unidireccional      | 0,121    | 582                  | Varie     |
| Kimitech CB 320     | 320  |                     | 0,165    | 787                  | 200; 500. |
| Kimitech CB 420*    | 420  |                     | 0,210    | 1008                 | Varios    |
| Kimitech CB 620*    | 620  |                     | 0,348    | 1570                 | Varios    |
| Kimitech CB 820*    | 820  |                     | 0,450    | 2112                 | Varios    |
| Kimitech CB 1200    | 1200 |                     | 0,640    | 3072                 | 100       |
| Kimitech CB ST 160* | 160  | Biaxial equilibrada | 0,045    | 216                  | Varios    |
| Kimitech ST 230*    | 230  |                     | 0,064    | 307                  | Varios    |
| Kimitech ST 300     | 300  |                     | 0,083    | 398                  | 1000      |

| Artículo             | g/mq | Tejeduría               | t** [mm] | Resistencia** [N/mm] | b*** [mm] |
|----------------------|------|-------------------------|----------|----------------------|-----------|
| Kimitech ST 600*     | 600  | Quadriaxial equilibrada | 0,166    | 796                  | Varios    |
| Kimitech CB 380 MTX* | 400  |                         | 0,053    | 254                  | Varios    |
| Kimitech CB 760 MTX* | 760  |                         | 0,1      | 485                  | Varios    |

\* Producto fuera de stock

\*\* Espesor de referirse a cada dirección de la textura

\*\*\* Otros anchos disponibles bajo petición

**Principales características de nuestros sistemas**

Kimia a certificado, a través de una extensa serie de pruebas, el rendimiento global del sus sistemas de refuerzo ( $E_k$  y  $E_{fk}$ ) correlando los resultados a las características de los sustratos específicos ff. El proyectista, por lo tanto, en el calculo, puede utilizar los coeficientes de  $ef_k$ ,  $ff_k$  e  $E_k$  declarados en las certificaciones de prueba (disponibles bajo pedido) a partir de las características de los componentes individuales del refuerzo.<sup>1</sup> Para entender cómo el sistema funcionará una vez aplicado el sistema compuesto:

- En el caso de cerramientos se deben comparar los valores característicos de resistencia a la tracción del material compuesto con una deformación límite convencional (For. 4.37 y 5.42.);
- En el caso de elementos de refuerzo en hormigón armado se debe evaluar la tensión eficaz  $ff_{ed}$  (Par 4.3.3.2.);
- En el caso de refuerzo de corte (en edificios de mampostería) o flexión (en estructuras de hormigón armado o mampostería)  $ff_d = \min \{ \eta_a \cdot ff_k / \gamma_f; ff_{dd} \}$ , como se requiere por las fórmulas 4.14 y 5.1. Como se recuerda en el par. 5.3.5 "la fuerza de despegamiento se puede aumentar hasta la crisis por tracción del compuesto fibra refuerzo por medio de sistemas de anclaje mecánico cuya eficacia debe ser comprobada mediante pruebas experimentales de proyecto capaces de simular el real mecanismo de funcionamiento del sistema adoptado". Facilitar desde su fase proyectual el uso de directores de anclaje Kimitech FRP-LOCK, en consecuencia, las fórmulas 4.14 y 5.1 ya se mencionadas que podrán ser será revisadas de la siguiente manera:  $ff_d = \min \{ \eta_a \cdot ff_k / \gamma_f; n \cdot Fr / (t_f \cdot b_f) \}$ . Con n, número y Fr, Fuerza de rotura de protecciones anti-delaminación.

**Aplicación**

Para la realización de los diversos tipos de intervención consúltense las especificaciones de referencia y las fichas técnicas de los materiales a utilizar. En las estructuras de hormigón armado, efectuar los refuerzos sobre superficies que ofrezcan una resistencia a la tracción superior a 1,5 Mpa.

Una vez preparada la superficie objeto de la intervención con Kimicover FIX, aplicar el adhesivo epoxídico Kimitech EP-TX.

<sup>1</sup> Siendo expresos en términos de tensión última de rotura, los datos obtenidos experimentalmente, aunque obtenidos tras pruebas con un tejido de dada naturaleza, peso y espesor teórico, dan como output una tensión de rotura que describe, sin restricción de validez, el comportamiento de todos los sistemas compuestos que se pueden obtener mediante la impregnación, con nuestras resinas, de cualquier tejido de la misma naturaleza (todos utilizan el mismo hilo de base) de la gama Kimia.

Kimia S.p.A. - Via del Rame, 73 - 06134 Ponte Felcino PG

Tel (+39) 075.5918071 - Fax (+39) 075.5913378 - www.kimia.it - info@kimia.it.

Desde 1995, Kimia S.p.A. trabaja en Sistema de Calidad Certificado, actualmente de acuerdo con la norma UNI EN ISO 9001:2008.

## MALLA METÁLICA

Kimia

## Kimisteel 1500

ST2-0610

## Descripción

KIMISTEEL 1500 es un tejido de armadura unidireccional de filamentos de acero al carbono de alta resistencia de 1500 g/m<sup>2</sup>. El producto puede ser utilizado con matrices orgánicas o inorgánicas para realizar consolidaciones estructurales de elementos de mampostería, cemento armado y de hormigón armado o pretensado.



La elección de la matriz depende del tipo de soporte sobre el que debe ser aplicado el producto, de la resistencia mecánica, del módulo elástico requerido al sistema, del tipo de ambiente de uso previsto y de la permeabilidad al vapor requerida al sistema. Colocando adecuadamente la dirección de las fibras, resulta ideal para el revestimiento de elementos predominantemente curvos, el confinamiento de elementos predominantemente comprimidos y la unión de sistemas en mampostería.

## Utilización

- Refuerzo de estructuras de mampostería
- Realización de bordillos armados
- Consolidación de bóvedas
- Refuerzo estructural de vigas y traviesas
- Confinamiento de pilares y columnas
- Realización de elementos prefabricados de hormigón con armadura débil
- Realización de ladrillos armados

## Ventajas

En el caso de uso del producto sobre estructuras de mampostería o sobre bóvedas:

- Buena elaborabilidad y ductilidad
- Posibilidad de pretensado para intervenciones de bocelado o de faja
- Elevada permeabilidad al vapor
- Altísima resistencia al fuego
- Velocidad y facilidad de colocación en obra
- Óptima reversibilidad

En el caso de uso del producto para el refuerzo de estructuras de cemento armado:

- Elevada resistencia mecánica con espesores y pesos reducidos
- Velocidad y facilidad de colocación en obra incluso en trabajos de rápida intervención
- Posibilidad de orientar y dimensionar el refuerzo según las necesidades de la estructura
- Posibilidad de uso con múltiples matrices en relación a la resistencia mecánica, al tipo de ambiente de uso y a la permeabilidad al vapor requerida al sistema;
- El producto, oportunamente tratado, puede ser terminado con alisadores, revocos, pinturas o con protecciones para exposiciones a altas temperaturas (en este caso contactar con nuestro Departamento Técnico).

## Envases

Rollos: largo 50 m, ancho 10 cm.

| Características                              | Valor                 |
|--|-----------------------|
| Peso total del tejido                        | 1528 g/m <sup>2</sup> |
| Orientación de las fibras (Urdimbre - Acero) | 99 %                  |
| Orientación de las fibras (trama)            | 1 %                   |
| Diámetro trenza                              | 1.07 mm               |
| Grosor nominal de la cinta (solo acero)      | 0.19 mm               |
| Color  | Bronzo                |
| Tensión de rotura a tracción del hilo        | 2950 MPa              |
| Resistencia unitaria                         | 570 N/mm              |
| Módulo elástico a tracción                   | 260 GPa               |
| Alargamiento a tracción                      | 2.3 %                 |

## Aplicación

Eliminar cualquier factor que pueda afectar la adherencia del sistema de refuerzo y proveer todos los sistemas de anclaje mecánico o un taladro para el rejuntado de la armadura.

Aplicar Kimicover FIX y luego:

- Mortero Kimisteel LM mezclado con Kimitech B2 en el 30% en peso (si se desea garantizar la máxima transpirabilidad y resistencia a altas temperaturas).
- Mortero Kimisteel LM mezclado con Kimicover FIX en el 40% en peso (en caso de que el sistema para asegurar el refuerzo mecánico y adhesivo).
- Resina epoxi sin disolventes Kimitech EP-TX (para un máximo rendimiento y durabilidad mecánica).

Insertión de uno de los extremos del refuerzo en sistemas de anclaje mecánico o en un taladro, aplicar el tejido en el soporte, estirar (si hay) y bloquear el otro extremo.

Aplique otra capa de mortero sobre el tejido, garantizando que la tela no se descubrió.

El acabado debe ser precedido (en el caso de la matriz Kimitech EP-TX o Kimisteel LM+Kimicover FIX) de uno spolvo de cuarzo (Kimifill) de tamaño adecuado.

## Advertencias

Este producto está diseñado para uso profesional.

El producto debe conservarse en un lugar seco y aireado. No poner el producto en contacto con agua o en ambientes especialmente húmedos antes de su uso. Para aplicaciones en zonas especialmente agresivas consultar con el Departamento Técnico para la elección de matriz y acabado más adecuados. El producto debe ser aplicado cuidando de que esté siempre totalmente inmerso en la matriz y que no haya zonas en las que el tejido permanece al descubierto. No aplicar el producto en el exterior si no es previendo la aplicación, sobre la matriz, de un revoco de protección.

El cliente debe asegurarse que el producto sea idóneo para el uso previsto y también debe verificar que el boletín técnico sea válido y que no se hayan emitido actualizaciones sucesivas (utilice el QR-código para la descarga de la última versión de este documento).



Kimia S.p.A. - Via del Rame, 73 - 06134 Ponte Felcino PG

Tel (+39) 075.5918071 - Fax (+39) 075.5913378 - [www.kimia.it](http://www.kimia.it) - [info@kimia.it](mailto:info@kimia.it)

Desde 1995, Kimia S.p.A. trabaja en Sistema de Calidad Certificado, actualmente de acuerdo con la norma UNI EN ISO 9001:2008.



## LIMEPOR MT. MORTERO CON BASE DE CAL HIDRÁULICA

Kimia

## Limepor MT

ST8-0814

Mortero a base de cal hidráulica natural para realizar revocos y obras de mampostería (cosido y descosido, estucados y rellenados). Granulometría máxima 3 mm. Producto marcado CE como mortero para interiores y exteriores GP CS III según la EN 998-1.

## Descripción

Limepor MT es un mortero listo para usar de color beis-avellana, marcado CE como mortero para interiores y exteriores GP CS III según la 998-1, compuesto de cal hidráulica natural NHL, puzolanas y áridos silíceos con una granulometría máxima de 3 mm. (con el 30% de materiales reciclables), idóneo para realizar revocos, trabajos de cosido y descosido, estucados y rellenados de prospectos de ladrillos o de piedra. Limepor MT presenta un bajo tenor de sales hidrosolubles y es física y químicamente compatible con los componentes utilizados antiguamente en las mamposterías. La cal reacciona a contacto con el agua formando productos hidratados muy poco solubles y muy estables, de naturaleza básica.



## Utilización

Limepor MT es idóneo para intervenciones de cosido y descosido, para la realización de revocos y para el rellenado de prospectos de terracota o de piedra cara vista (en presencia de prospectos con estucados de un ancho inferior a 1 cm., utilizar el mortero de granulometría fina Limepor MT/F).

## Capitulados descriptivos

- Realización de revocos internos o externos mediante el uso de mortero listo para usar (SK 48)
- Rehabilitación de mamposterías con el sistema del cosido y descosido (SK 52)
- Finitura de revocos de cosido o de piedra cara vista mediante el uso de aglomerante mezclado con arena (SK 71)

## Aplicación

Limepor MT debe ser mezclado con un 16% de agua potable (4 – 4,5 litros cada envase de 25 kg). Se aconseja introducir en el mezclador tres cuartos del agua necesaria y luego añadir continuamente el producto y el agua restante hasta obtener la consistencia deseada. Mezclar con suma atención hasta obtener una amalgama perfecta. Durante su preparación y colocación del producto no debe añadirse ningún otro aglomerante. Aplicar con las herramientas manuales o mecánicas habituales. No volver a mezclar el producto añadiendo agua una vez iniciado el fraguado. Limepor MT debe aplicarse sobre superficies limpias, libres de polvos, partes inconsistentes, pinturas, grasas y cualquier otro material que pueda perjudicar el perfecto anclaje.

| Características                             | Valor   |
|---|---|
| Aspecto                                     | Producto en polvo   |
| Colores                                     | Beis-avellana   |
| pH en dispersión acuosa                     | 11,5 - 12,5   |
| Temperatura de aplicación                   | +2 - +35 °C   |
| Distribución granulométrica UNI EN 1015-1   | pasante a 3,00 mm: 100 %<br>pasante a 1,20 mm: 74 %<br>pasante a 0,60 mm: 63%<br>pasante a 0,9 mm : 34% |
| Tiempo de trabajabilidad del mortero fresco | 60 ± 20 minutos   |



| UNI EN 1015-9                           |   |
|---|---|
| Resistencia a compresión UNI EN 1015-11 | @ 7 días > 2,7 Mpa<br>@ 28 días > 5 MPa   |
| Resistencia a flexión UNI EN 1015-11    | @ 7 días > 0,9 Mpa<br>@ 28 días > 1,2 MPa |

| Características  | Valor límite para morteros GP  | Valor típico    |
|--|--|-----------------|
| Masa volúmica aparente del mortero fresco UNI EN 1015-6      | Valor impreso  | 1960 ± 50 Kg/m³ |
| Resistencia mecánica a compresión en 28 días UNI EN 1015-11  | CS I (0,4 – 2,5 Mpa)<br>CS II (1,5 – 5 Mpa)<br>CS III (3,5 – 7,5 Mpa)<br>CS IV (≥ 6 Mpa) | CS III          |
| Adhesión UNI EN 1015-12                                      | Valor impreso  | > 0,6 MPa       |
| Absorción por capilaridad UNI EN 1015-18                     |  | W0              |
| Coefficiente de permeabilidad al vapor acuoso UNI EN 1015-19 |  | μ < 15          |
| Clase de reacción al fuego                                   |  | A1              |

## Envases

Bolsa estratificada de 25 kg.  
Bancada de 1.500 kg.

## Consumos

16 kg/m²/cm.

## Almacenamiento

El producto es sensible a la humedad. Almacenar en un lugar protegido y seco. La estabilidad del producto es de 12 meses si se almacena en estas condiciones y si los recipientes están perfectamente cerrados.

## Advertencias

Producto destinado a uso profesional.

El uso de materiales naturales puede determinar variaciones cromáticas de un lote de producción a otro. Organizar la colocación en obra en continuidad o, si esto no fuese posible, prever la aplicación del producto por ambientes o por espejuelos definidos por cortes netos en correspondencia con impostas, aristas, etc.

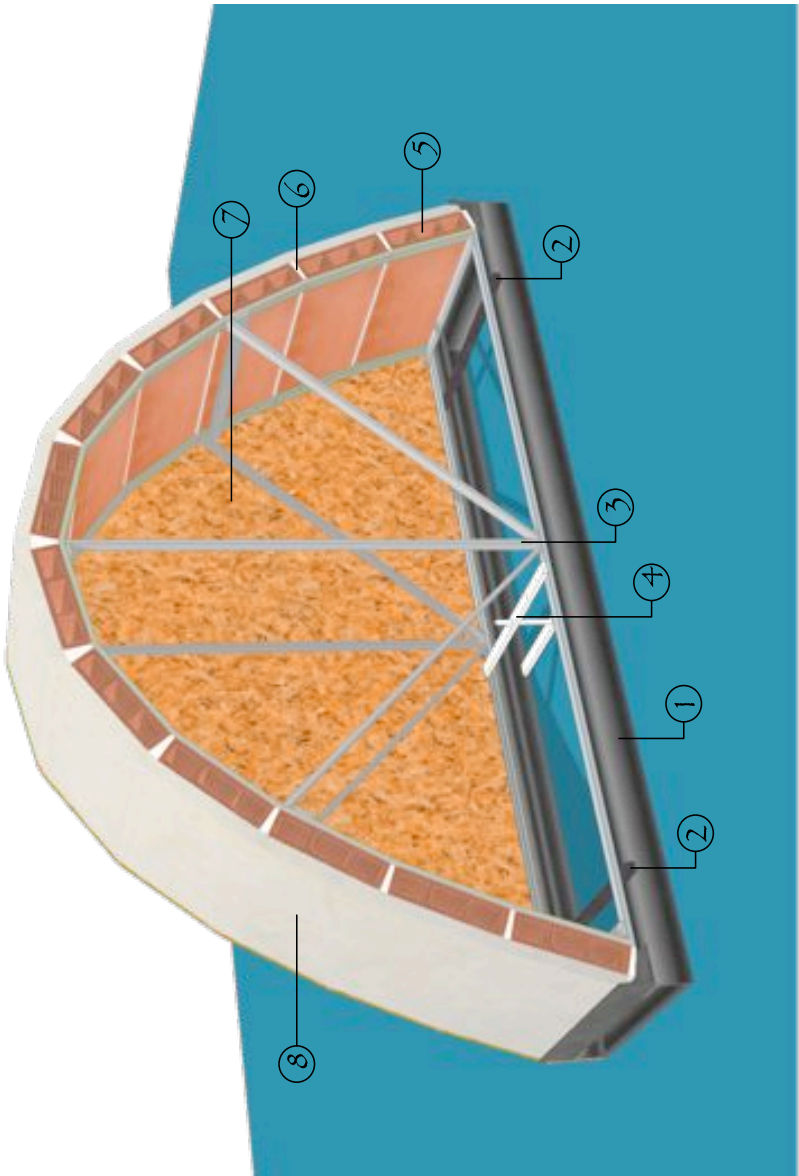
La cantidad de agua en la mezcla debe reducirse al mínimo. Antes del uso, comprobar que el envase todavía esté cerrado y no utilizar el producto con grumos. Una vez abierto el envase, utilizar todo el material. No aplicar Limepor MT sobre superficies friables e inconsistentes: en este caso contactar con nuestro departamento técnico. No aplicar a temperaturas menores de +2°C o mayores de +35°C, sobre superficies expuestas completamente al sol o si se prevén lluvias inminentes, en días ventosos o con niebla. Las características técnicas y las modalidades de aplicación aquí descritas se fundan sobre nuestros conocimientos y experiencias actuales, pero no representan garantía alguna de parte nuestra acerca del resultado final del producto aplicado.

El cliente debe asegurarse que el producto sea idóneo para el uso previsto y también debe verificar que el boletín técnico sea válido y que no se hayan emitido actualizaciones sucesivas (utilice el QR-código para la descarga de la última versión de este documento).



## 6.6 Planos y detalles de la ejecución material.

CROQUIS GENERAL

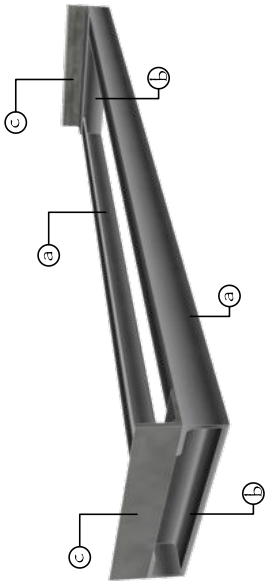


LEYENDA

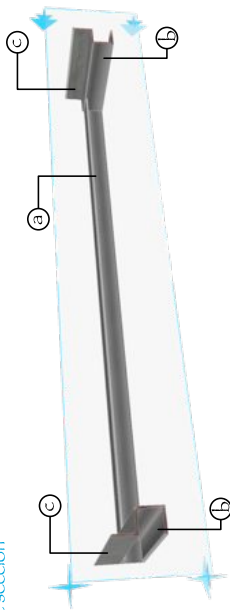
- 1.- Bastidor metálico .
- 2.- Cuñas de descimbrado metálicas de 10x10 mm
- 3.- Cimbra metálica.
- 4.- Pieza sujeción entre bastidor (1) y la cimbra (3).
- 5.- Ladrillo cerámico de 3x12x24 cm.
- 6.- Junta de yeso
- 7.- Cimbra de madera laminada de 4mm de espesor. Guía para revestimiento
- 8.- Revestimiento continuo para refuerzo de la bóveda.

BASTIDOR METÁLICO

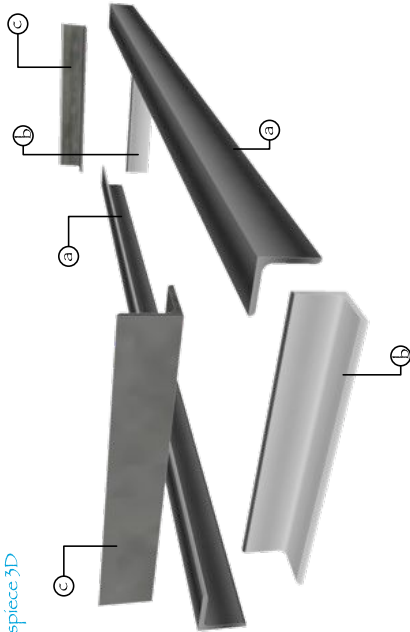
Modelizado 3D



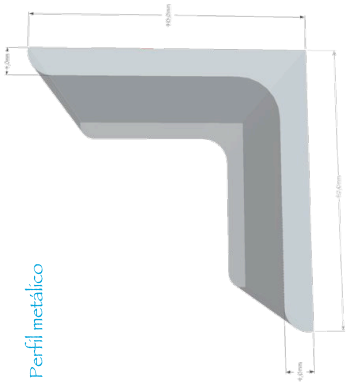
Corte sección



Despiece 3D



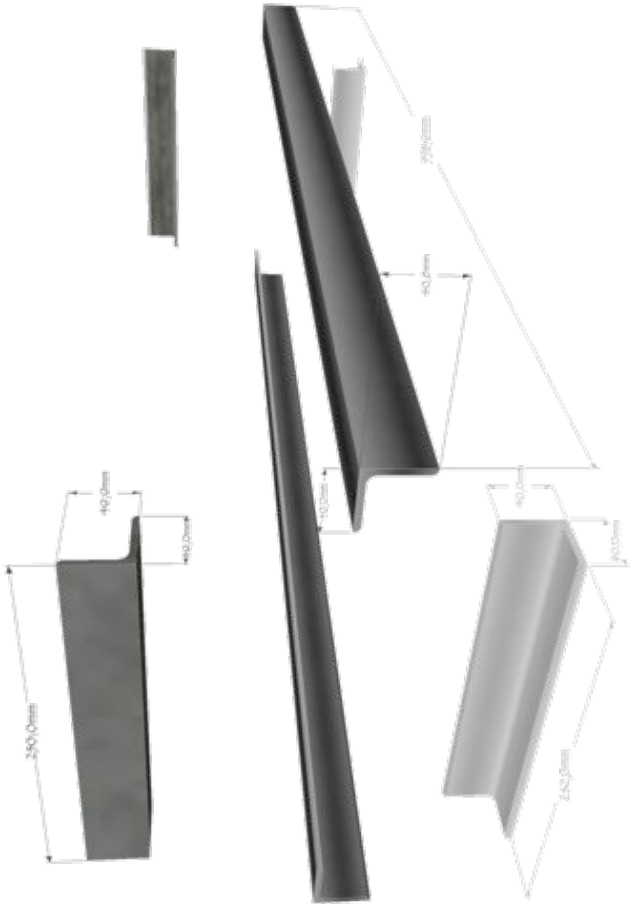
Perfil metálico



LEYENDA

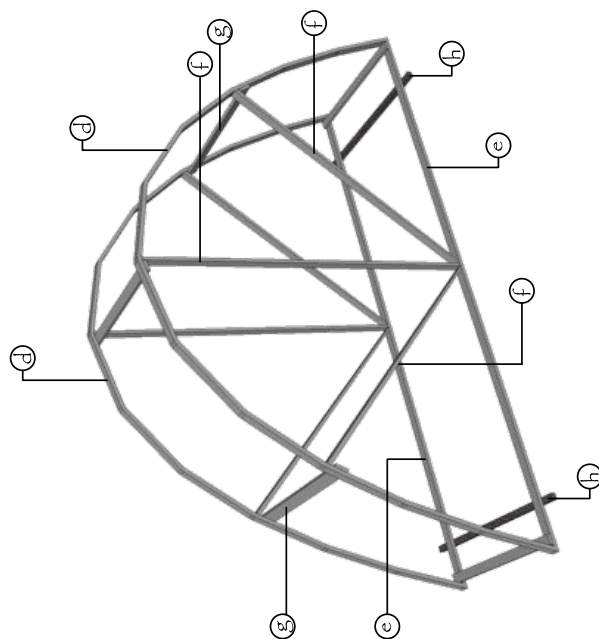
- a.- Perfil metálico 40x40 mm, 998 mm de longitud
- b.- Perfil metálico 40x40 mm, 224 mm de longitud .
- c.- Perfil metálico 40x40 mm, 250 mm de longitud

Cotas montaje bastidor



CIMBRA

Modelizado 3D. Címbra metálica



## LEYENDA

d.-. Cimbra adaptada a la catenaria. Perfil metálico de 5x10 mm.

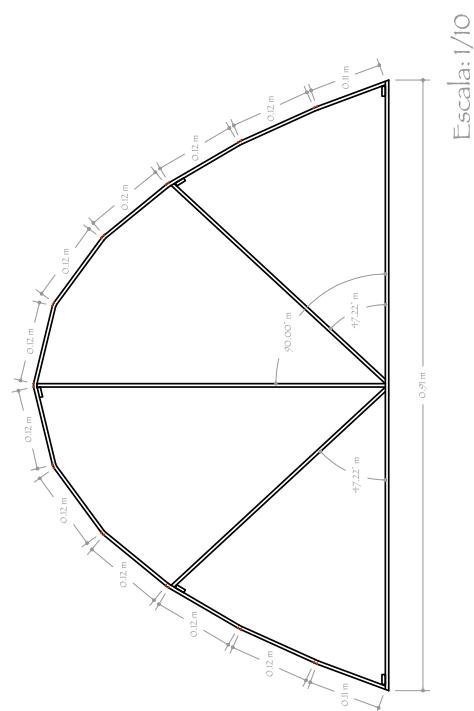
e-. Rígidizador longitudinal. Perfil metálico de 5x10 mm.

f.-Rigidizadores Perfil metálico de 5x10 mm.  
Rigidizadores

g- Rígidizador transversal. Perfil metálico de 5x10 mm.

### h-. Cuñas de descímbro.

Cimbra metálica.  
cotas



Distribución y clasificación de ladrillos.  
Codigo registro de las Bóvedas

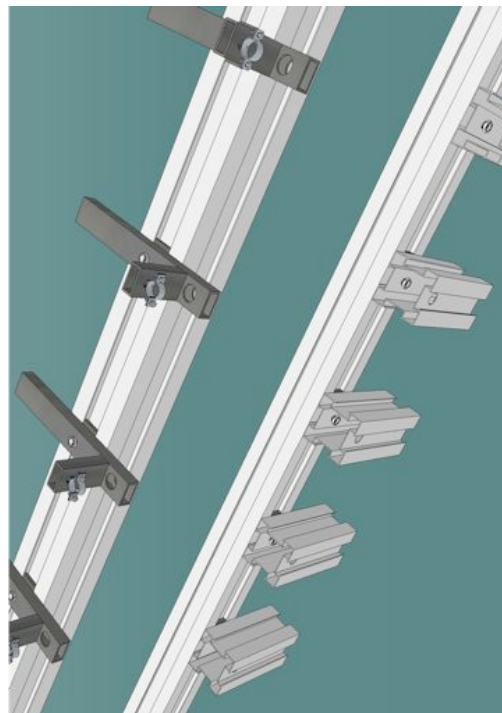




Detalle 1



Detalle 2



Detalle 3

#### SOPORTE PARA LVDT'S.

Para colocar los LVDT's se diseña un soporte que irá fijado a la prensa ( ver croquis medidores), de modo que cuando se produzca la rotura no se les cause ningún daño. Este sistema esta realizado con perfiles de aluminio de escuadría 40x40 mm unidos a las prensa de forma que nos garantice que durante el ensayo no sufrirán ningún desplazamiento. Estos perfiles se complementan con el soporte para los LVDT's que se fijarán al sistema con abrazaderas ( Ver detalle 1)

6.7 Planificación de los ensayos.

| COD. BOV                          |  | RECCUBRIMIENTO  | LADRILLO  | YESO        | F. Coloc. ladrillos | F. Recubr. | F. Ensayo | Días<br>fraguado |
|-----------------------------------|--|---|-----------|-------------|---------------------|------------|-----------|------------------|
| CI-BA1-RY1-BO1                    |  | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24x12x3   | Yeso rápido | 28/03/15            | 08/04/15   | 16/07/15  | 99 días          |
| C2-BA2-RY1-BO2                    |  | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24x12x3   | Yeso rápido | 28/03/15            | 08/04/15   | 22/07/15  | 105 días         |
| CI-BA3-RY1-BO3                    |  | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24x12x3   | Yeso rápido | 28/03/15            | 07/04/15   | 21/07/15  | 105 días         |
| CI-BA4-RY1-BO4                    |  | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 28/03/15            | 07/04/15   | 21/07/15  | 105 días         |
| CI-BA5-RY1-BO5                    |  | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 31/03/15            | 08/04/15   | 22/07/15  | 105 días         |
| CI-BA6-RY1-BO6                    |  | Yeso continuo de 1 cm (aprox.)  | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 01/04/15            | 07/04/15   | 22/07/15  | 106 días         |
| SEGUNDA TANDA. BÓVEDAS REFORZADAS |  |   |           |             |                     |            |           |                  |
| CI-BA1-RY2-BO7                    |  | Refuerzo con malla de fibra de vidrio Armatex 44 (4x4 mm) y recubrimiento final de yeso   | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 23/07/15            | 27/07/15   | 07/09/15  | 42 días          |
| CI-BA2-RY3-BO8                    |  | : Refuerzo con malla de fibra de vidrio ARMATEX 99 (9x9 mm) y recubrimiento final de yeso | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 23/07/15            | 27/07/15   | 07/09/15  | 42 días          |
| CI-BA3-RY4-BO9                    |  | Refuerzo con fibras naturales (esparto) y recubrimiento final de yeso                     | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 23/07/15            | 28/07/15   | 08/09/15  | 42 días          |
| CI-BA4-RY4-BO10                   |  | Refuerzo con fibras naturales (esparto) y recubrimiento final de yeso                     | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 24/07/15            | 28/07/15   | 08/09/15  | 42 días          |
| CI-BA5-RY2-BO11                   |  | Refuerzo con malla de fibra de vidrio Armatex 44 (4x4 mm) y recubrimiento final de yeso   | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 24/07/15            | 10/09/15   | 23/10/15  | 43 días          |
| CI-BA6-RY3-BO12                   |  | Refuerzo con malla de fibra de vidrio ARMATEX 99 (9x9 mm) y recubrimiento final de yeso   | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 24/07/15            | 10/09/15   | 23/10/15  | 43 días          |
| CI-BA1-RY5-BO13                   |  | Refuerzo con malla metálica adherida con mortero a base de cal hidráulica                 | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 09/09/15            | 21/10/15   | 30/10/15  | 9 días           |
| CI-BA2-RY5-BO14                   |  | Refuerzo con malla metálica adherida con mortero a base de cal hidráulica                 | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 09/09/15            | 21/10/15   | 30/10/15  | 9 días           |
| CI-BA3-RY6-BO15                   |  | Refuerzo con fibras de carbono adherida con mortero epoxídico                             | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 09/09/15            | 21/10/15   | 30/10/15  | 9 días           |
| CI-BA4-RY6-BO16                   |  | Refuerzo con fibras de carbono adherida con mortero epoxídico                             | 24x11,5x3 | Yeso rápido | 09/09/15            | 21/10/15   | 30/10/15  | 9 días           |

## 6.8 Fichas ejecución material.



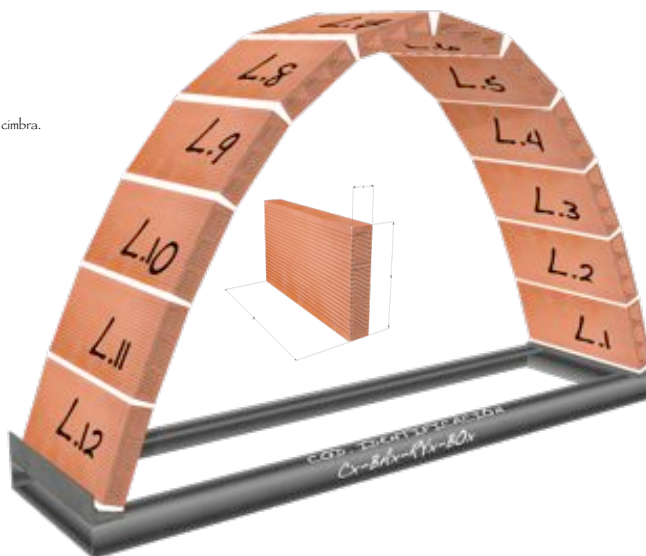
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA1-RY1-BO1

|                     |   |                  |                           |
|---------------------|---|------------------|---------------------------|
| ID. BÓVEDA:         | BO1   | Fecha Ejecución: | 28/03/15                  |
| ID. Cimbra:         | C1  | ID. Bastidor:    | BA1                       |
| Tipo ladrillo:      | 12 ( medida nominal)                          | Yeso:            | Iberplast. ( Yeso rápido) |
| Tipo recubrimiento: | RY1: recubrimiento con yeso de 1 cm de espeso |                  |                           |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor (ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos ; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; ( No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

FOTOS : 670 HASTA 679

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

## EL REVESTIMIENTO DE YESO DE EJECUTA EL DIA: 8/04/15

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida basta de 5 mm aprox de relleno, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

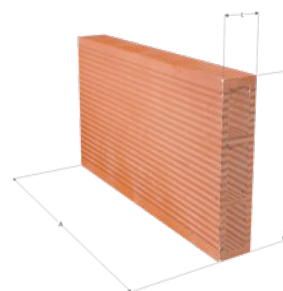
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |                        | 11,8                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.1                                 | 4,2                    | 4,25                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 3,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.2                                 | 4,3                    | 4,3                   |
| B:                           | 12,3 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 5                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,25                   | L.3                                 | 4,3                    | 4,275                 |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 2,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.4                                 | 4,4                    | 4,35                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 2                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.5                                 | 4,35                   | 4,325                 |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 4,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.6                                 | 4,3                    | 4,3                   |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 7,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,15                   | L.7                                 | 4,4                    | 4,275                 |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 4,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,15                   | L.8                                 | 4,45                   | 4,3                   |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 3,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,15                   | L.9                                 | 4,4                    | 4,275                 |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 1                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,15                   | L.10                                | 4,3                    | 4,225                 |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 2                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.11                                | 4,3                    | 4,3                   |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 2,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.12                                | 4,3                    | 4,3                   |
| B:                           | 12,1 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,7                                 |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior 3,2 mm

Longitud total medición 152,31 cm  
Longitud prevista 150,5 cm  
Diferencia 1,81 cm

Recubrimiento medio  
: 12,9 mm



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L6 y L7 tiene un grosor superior al previsto

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

C1-BA1-RY1-BO1

FECHA DEL ENSAYO: 16/07/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24      |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                           |
| Fecha colocación ladrillos:     | 28/03/15                               |
| Grosor medio juntas (interior): | 3,2 mm                                 |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO CONTINUO DE 1 CM DE YESO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                           |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 08/04/15                               |
| Espesor medio recubrimiento:    | 12,9 mm                                |



Observaciones antes del ensayo:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud  
 Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto  
 La junta entre los ladrillos L6 y L7 tiene un grosor superior al previsto  
 Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos  
 Yeso: No se observan defectos.

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura: 0,506 kN

Vel. ensayo: 0,5 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 8-9  
 2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 2-3  
 3ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 6-7



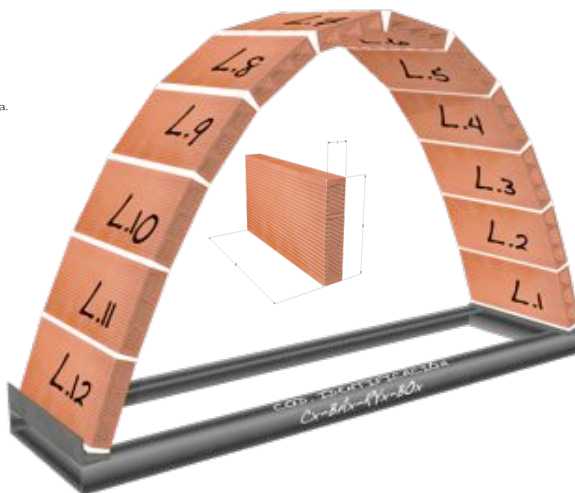
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C2-BA2-RY1-BO2

|  |                     |                  |                           |
|--|---------------------|------------------|---------------------------|
| ID. BÓVEDA:  | <b>BO2</b>          | Fecha Ejecución: | <b>28/03/15</b>           |
| ID. Cimbra:  | <b>C2</b>           | ID. Bastidor:    | <b>BA2</b>                |
| Tipo ladrillo:                                       | 12 ( medida nominal | Yeso:            | Iberplast. ( Yeso rápido) |
| Tipo recubrimiento:                                  |                     |                  |                           |
| <b>RY1: recubrimiento con yeso de 1 cm de espeso</b> |                     |                  |                           |

## Proceso Constructivo:

- 1.- Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2.- Alinear cimbra con bastidor ( ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3.- Ladrillos: Humedecer los ladrillos ; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4.- Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fragiará antes de utilizarlo).
- 5.- Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

FOTOS : 680 HASTA 675 ( Lola)

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .  
La cimbra 2 parece ser menos coplanaria .

Anchos de los ladrillos 12,2 mm todos

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

## EL REVESTIMIENTO DE YESO DE EJECUTA EL DIA: 8/04/15

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida basta de 5 mm aprox. de relleno, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |                        | 6,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,1                    | L.1                                 | 4,2                    | 4,15                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 4,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,1                    | L.2                                 | 4,2                    | 4,15                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 3,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,2                    | L.3                                 | 4,1                    | 4,15                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 4,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,4                    | L.4                                 | 4,2                    | 4,3                   |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 4,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,5                    | L.5                                 | 4,2                    | 4,35                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 3,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.6                                 | 4,2                    | 4,25                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 6,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,1                    | L.7                                 | 4,3                    | 4,2                   |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 4,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4                      | L.8                                 | 4,3                    | 4,15                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 2                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4                      | L.9                                 | 4,25                   | 4,125                 |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 2,5                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 3,9                    | L.10                                | 4,2                    | 4,05                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 6                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,1                    | L.11                                | 4                      | 4,05                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 2,5                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,1                    | L.12                                | 4                      | 4,05                  |
| B:                           | 12,2 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,3                                 |                        |                       |

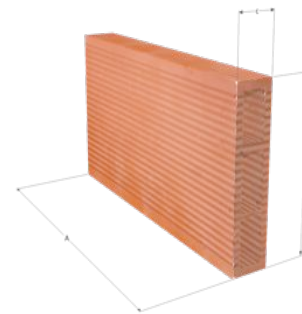
Espesor medio  
Junta interior **3,2 mm**

Longitud total medición **152,33 cm**

Longitud prevista **150,5 cm**

Diferencia **1,83 cm**

Recubrimiento  
medio: **11,6 mm**



## Observaciones:

Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L6 y L7 tiene un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L10 y L11 tiene un grosor superior al previsto

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

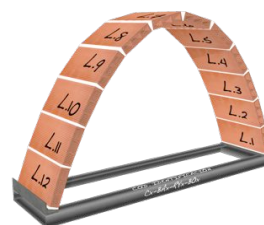
C2-BA2-RY1-BO2

FECHA DEL ENSAYO: 22/07/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24      |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                           |
| Fecha colocación ladrillos:     | 28/03/15                               |
| Grosor medio juntas (interior): | 3,2 mm                                 |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO CONTINUO DE 1 CM DE YESO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                           |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 08/04/15                               |
| Espesor medio recubrimiento:    | 11,6 mm                                |



## Observaciones antes del ensayo:

Amasado del Yeso: Se vierte la cantidad de agua necesaria en un recipiente; luego se espolvorea el yeso sobre el agua hasta que ya no se humedezca; Se amasa a mano en pequeñas cantidades según el elemento a colocar.

La junta entre los ladrillos L6 y L7 tiene un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L10 y L11 tiene un grosor superior al previsto

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura: 0,861 kN

Vel. ensayo: 2 mm · min.

## Observaciones durante el ensayo:

- 1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 6-7  
 2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 3-4  
 3ª FISURA: Aparece en la unión del ladrillo 1 y el bastidor  
 4ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 7-8



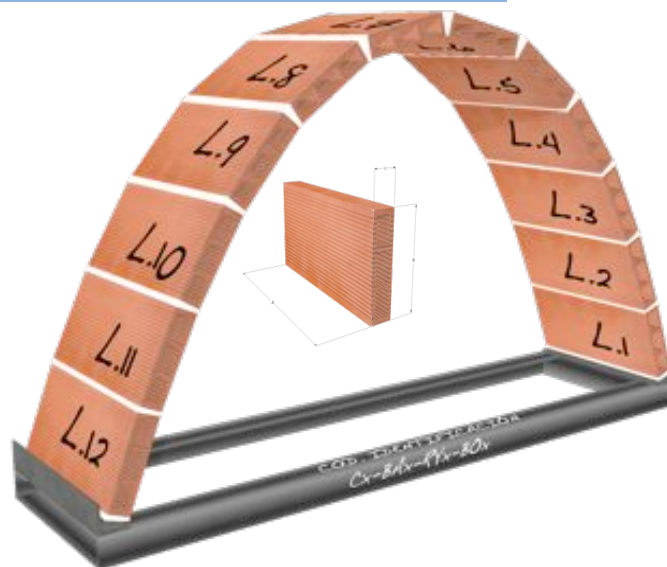
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA3-RY1-BO3

|  |                      |                  |                           |
|--|----------------------|------------------|---------------------------|
| ID. BÓVEDA:  | <b>BO3</b>           | Fecha Ejecución: | <b>28/03/15</b>           |
| ID. Cimbra:  | <b>C1</b>            | ID. Bastidor:    | <b>BA3</b>                |
| Tipo ladrillo:                                       | 12 ( medida nominal) | Yeso:            | Iberplast. ( Yeso rápido) |
| Tipo recubrimiento:                                  |                      |                  |                           |
| <b>RY1: recubrimiento con yeso de 1 cm de espeso</b> |                      |                  |                           |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor (ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planeidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

FOTOS : 686 HASTA 690 ( Lola)

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

La cimbra 2 parece ser menos coplanaria .

Anchos de los ladrillos 12,2 mm todos

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

## EL REVESTIMIENTO DE YESO DE EJECUTA EL DIA: 7/04/15

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida basta de 5 mm aprox de relleno, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.



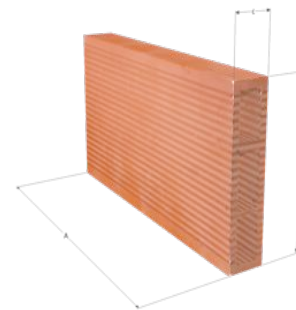
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |  | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|--|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |  |                        | 7,1                                 |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,2                    | L.1                                 | 4,2                    | 4,2                   |
| B: 12                        |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 5                                   |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,5                    | L.2                                 | 4,2                    | 4,35                  |
| B: 12                        |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 4,5                                 |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,5                    | L.3                                 | 4,3                    | 4,4                   |
| B: 12,1                      |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 5,4                                 |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,6                    | L.4                                 | 4,4                    | 4,5                   |
| B: 12,2                      |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 2,6                                 |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,7                    | L.5                                 | 4,6                    | 4,65                  |
| B: 12,2                      |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 1,9                                 |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,4                    | L.6                                 | 4,35                   | 4,375                 |
| B: 12,2                      |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 5,7                                 |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,45                   | L.7                                 | 4,4                    | 4,425                 |
| B: 12,2                      |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 3,7                                 |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,15                   | L.8                                 | 4,4                    | 4,275                 |
| B: 12,2                      |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 1                                   |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,2                    | L.9                                 | 4,3                    | 4,25                  |
| B: 12,2                      |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 1,8                                 |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,3                    | L.10                                | 4,2                    | 4,25                  |
| B: 12,1                      |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 3                                   |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,45                   | L.11                                | 4,3                    | 4,375                 |
| B: 12                        |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 5,1                                 |                        |                       |
| A: 24                        |  | 4,4                    | L.12                                | 4,3                    | 4,35                  |
| B: 12                        |  |                        |                                     |                        |                       |
| C: 3                         |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |  |                        | 9,2                                 |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior **3,9 mm**

Longitud total medición **151 cm**  
Longitud prevista **150,5 cm**  
Diferencia **0,5 cm**

Recubrimiento  
medio : **13,7 mm**



## Observaciones:

Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L.6 y L.7 tiene un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L.11 y L.12 tiene un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L.8 y L.9 tiene un grosor inferior al previsto

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

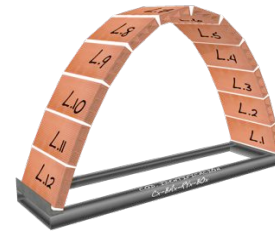
C1-BA3-RY1-BO3

FECHA DEL ENSAYO: 21/07/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24      |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                           |
| Fecha colocación ladrillos:     | 28/03/15                               |
| Grosor medio juntas (interior): | 3,9 mm                                 |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO CONTINUO DE 1 CM DE YESO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                           |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 07/04/15                               |
| Espesor medio recubrimiento:    | 13,7 mm                                |



## Observaciones antes del ensayo:

Amasado del Yeso: Se vierte la cantidad de agua necesaria en un recipiente,; luego se espolvorea el yeso sobre el agua hasta que ya no se humedezca; Se amasa a mano en pequeñas cantidades según el elemento a colocar.

La junta entre los ladrillos L6 y L7 tiene un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L11 y L12 tiene un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L8 y L9 tiene un grosor inferior al previsto

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura: 0,637 kN

Vel. ensayo: 2 mm · min.

## Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 4-5

2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 7-8

3ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 1-2

4ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 6-7



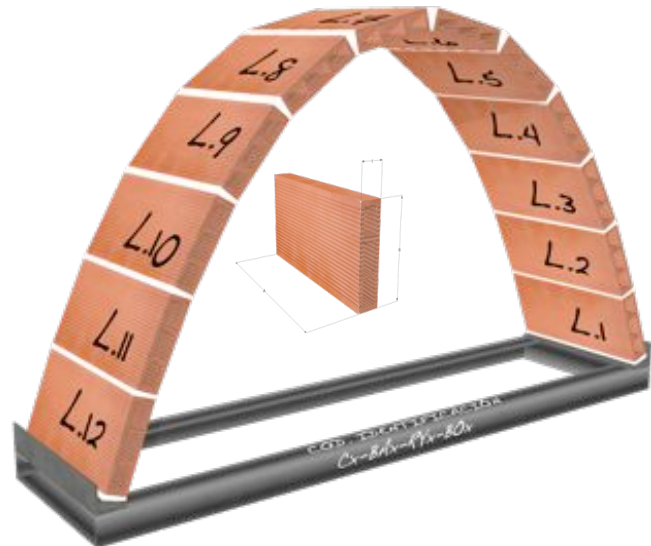
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA4-RY1-BO4

|   |                                  |                  |                                  |
|---|----------------------------------|------------------|----------------------------------|
| ID. BÓVEDA:   | <b>BO 4</b>                      | Fecha Ejecución: | <b>28/03/15</b>                  |
| ID. Cimbra:   | <b>C 1</b>                       | ID. Bastidor:    | <b>BA4</b>                       |
| Tipo ladrillo:  | <b>11,5 cm ( medida nominal)</b> | Yeso:            | <b>Iberplast. ( Yeso rápido)</b> |
| Tipo recubrimiento:<br><b>RY1: recubrimiento con yeso de 1 cm de espeso</b> |                                  |                  |                                  |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor (ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso **polvoreado**; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fragilará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos  
 Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .  
 Anchos de los ladrillos 11,5 mm todos  
 Las juntas serán de mayor espesor.  
 Para la ejecución tenemos que amasar el yeso con menos agua  
 EL REVESTIMIENTO DE YESO DE EJECUTA EL DIA: 7/04/15  
 El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida basta de 5 mm aprox de relleno, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

## \* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |                        | 11,6                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,05                   | L.1                                 | 4,15                   | 4,1                   |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,8                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,15                   | L.2                                 | 4,1                    | 4,125                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,9                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,2                    | L.3                                 | 4,3                    | 4,25                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 12                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.4                                 | 4,2                    | 4,25                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,5                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,5                    | L.5                                 | 4,4                    | 4,45                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,1                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,65                   | L.6                                 | 4,45                   | 4,55                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 11,8                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,5                    | L.7                                 | 4,55                   | 4,525                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,8                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,5                    | L.8                                 | 4,55                   | 4,525                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 7,7                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,3                    | L.9                                 | 4,45                   | 4,375                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 12                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,4                    | L.10                                | 4,4                    | 4,4                   |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 8,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,45                   | L.11                                | 4,4                    | 4,425                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,1                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,55                   | L.12                                | 4,4                    | 4,475                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 15,2                                |                        |                       |

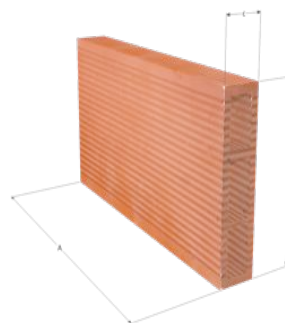
Espesor medio Junta interior **9,6 mm**

Longitud total medición **152,04 cm**

Longitud prevista **150,5 cm**

Diferencia **1,54 cm**

Recubrimiento medio : **13,7 mm**



## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

C1-BA4-RY1-BO4

FECHA DEL ENSAYO: 21/07/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24      |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                           |
| Fecha colocación ladrillos:     | 28/03/15                               |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm                                 |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO CONTINUO DE 1 CM DE YESO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                           |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 07/04/15                               |
| Espesor medio recubrimiento:    | 13,7 mm                                |



## Observaciones antes del ensayo:

Amasado del Yeso: Se vierte la cantidad de agua necesaria en un recipiente,; luego se espolvorea el yeso sobre el agua hasta que ya no se humedezca; Se amasa a mano en pequeñas cantidades según el elemento a colocar.

La junta entre los ladrillos L3 y L4 tiene un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L9 y L10 tiene un grosor superior al previsto

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura: 0,469 kN

Vel. ensayo: 1 mm · min.

## Observaciones durante el ensayo:

- 1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 4-5  
 2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 8-9  
 3ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 11-12  
 4ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 6-7  
 5ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 1-2



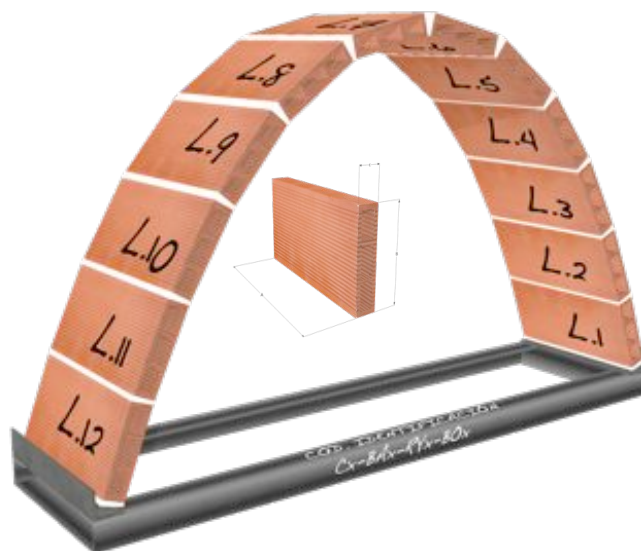
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA5-RY1-BO5

|                     |  |                  |                                  |
|---------------------|--|------------------|----------------------------------|
| ID. BÓVEDA:         | <b>BO 5</b>  | Fecha Ejecución: | <b>31/03/15</b>                  |
| ID. Cimbra:         | <b>C 1</b>   | ID. Bastidor:    | <b>BA5</b>                       |
| Tipo ladrillo:      | <b>11,5 cm ( medida nominal)</b>                     | Yeso:            | <b>Iberplast. ( Yeso rápido)</b> |
| Tipo recubrimiento: | <b>RY1: recubrimiento con yeso de 1 cm de espeso</b> |                  |                                  |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor (ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrádsos de la bóveda. El intrádsos va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

Anchos de los ladrillos 11,5 mm todos

Las juntas serán de mayor espesor.

Para la ejecución tenemos que amasar el yeso con menos agua

EL REVESTIMIENTO DE YESO SE EJECUTA EL DIA: 8/04/15

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida, en un principio se ejecuta una enlucida basta de 5 mm aprox. de relleno, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

## \* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      |  | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>gresor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|--|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |  |                        | 15,35                               |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,35                   | L.1                                 | 4,2                    | 4,275                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,5                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,4                    | L.2                                 | 4,25                   | 4,325                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 10,5                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,5                    | L.3                                 | 4,45                   | 4,475                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 12                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,55                   | L.4                                 | 4,5                    | 4,525                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 6,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,8                    | L.5                                 | 4,6                    | 4,7                   |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,55                   | L.6                                 | 4,5                    | 4,525                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,5                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,2                    | L.7                                 | 4,55                   | 4,375                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,3                    | L.8                                 | 4,3                    | 4,3                   |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,15                   | L.9                                 | 4,2                    | 4,175                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,1                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,25                   | L.10                                | 4,05                   | 4,15                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 12,1                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,4                    | L.11                                | 4,1                    | 4,25                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,4                    | L.12                                | 4,25                   | 4,325                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 12,35                               |                        |                       |

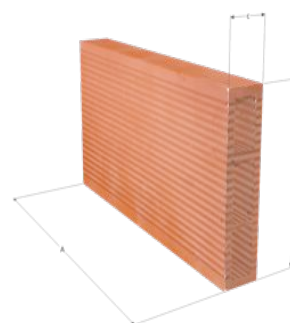
Espesor medio Junta interior **9,6 mm**

Longitud total medición **151,38 cm**

Longitud prevista **150,5 cm**

Diferencia **0,88 cm**

Recubrimiento medio: **13,7 mm**





## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

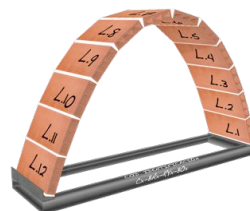
C1-BA1-RY1-BO1

FECHA DEL ENSAYO: 16/07/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL LADRILLO 5X12X24       |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                           |
| Fecha colocación ladrillos:     | 28/03/15                               |
| Grosor medio juntas (interior): | 3,2 mm                                 |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO CONTINUO DE 1 CM DE YESO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                           |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 08/04/15                               |
| Espesor medio recubrimiento:    | 12,9 mm                                |



## Observaciones:

Amasado del Yeso: Se vierte la cantidad de agua necesaria en un recipiente,; luego se espolvorea el yeso sobre el agua hasta que ya no se humedezca; Se amasa a mano en pequeñas cantidades según el elemento a colocar.

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L6 y L7 tiene un grosor superior al previsto

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura: 0,506 kN

Vel. ensayo: 0,5 mm · min.

## Observaciones:

1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 8-9

2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 2-3

3ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 6-7



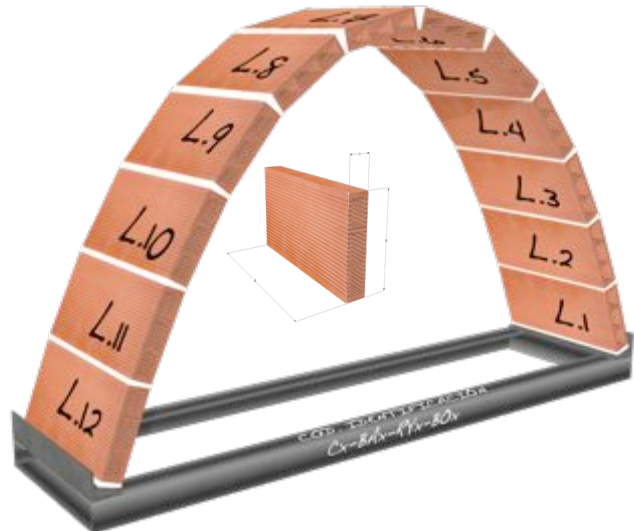
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA6-RY1-BO6

|                     |   |                  |                           |
|---------------------|---|------------------|---------------------------|
| ID. BÓVEDA:         | <b>BO 6</b>                                   | Fecha Ejecución: | 01/04/15                  |
| ID. Cimbra:         | <b>C 1</b>                                    | ID. Bastidor:    | <b>BA 6</b>               |
| Tipo ladrillo:      | 11,5 cm ( medida nominal)                     | Yeso:            | Iberplast. ( Yeso rápido) |
| Tipo recubrimiento: | RY1: recubrimiento con yeso de 1 cm de espeso |                  |                           |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor ( ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos ; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; ( No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm... Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

Anchos de los ladrillos 11,5 mm todos

Las juntas serán de mayor espesor.

Para la ejecución tenemos que amasar el yeso con menos agua

EL REVESTIMIENTO DE YESO DE EJECUTA EL DIA: 7/04/15

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida basta de 5 mm aprox. de relleno, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el *espesor final*.

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

## \* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

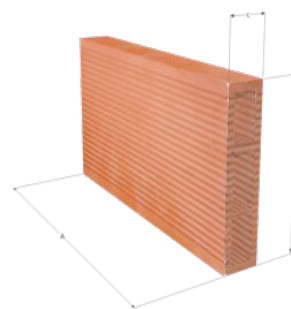
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      |  | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|--|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |  |                        | 16                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,2                    | L.1                                 | 4,1                    | 4,15                  |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,5                    | L.2                                 | 4,5                    | 4,5                   |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,6                    | L.3                                 | 4,3                    | 4,45                  |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,8                    | L.4                                 | 4,4                    | 4,6                   |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,8                    | L.5                                 | 4,6                    | 4,7                   |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 10,7                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,7                    | L.6                                 | 4,3                    | 4,5                   |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 12,5                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,3                    | L.7                                 | 4,3                    | 4,3                   |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 10                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,2                    | L.8                                 | 4,25                   | 4,225                 |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4                      | L.9                                 | 4,1                    | 4,05                  |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 7,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,25                   | L.10                                | 4                      | 4,125                 |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,5                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,25                   | L.11                                | 4,1                    | 4,175                 |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,2                    | L.12                                | 4                      | 4,1                   |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 15,25                               |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior 9,6 mm

Longitud total medición 151,945 cm  
Longitud prevista 150,5 cm  
Diferencia 1,445 cm

Recubrimiento medio  
: 13,2 mm



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L6 y L7 tiene un grosor superior al previsto

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

C1-BA6-RY1-BO6

FECHA DEL ENSAYO: 22/07/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24      |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                           |
| Fecha colocación ladrillos:     | 01/04/15                               |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm                                 |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO CONTINUO DE 1 CM DE YESO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                           |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 07/04/15                               |
| Espesor medio recubrimiento:    | 13,2 mm                                |



## Observaciones antes del ensayo:

Amasado del Yeso: Se vierte la cantidad de agua necesaria en un recipiente; luego se espolvorea el yeso sobre el agua hasta que ya no se humedezca; Se amasa a mano en pequeñas cantidades según el elemento a colocar.

Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto

La junta entre los ladrillos L6 y L7 tiene un grosor superior al previsto

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura: 0,792 kN

Vel. ensayo: 2 mm · min.

## Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 7-8

2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 6-7

3ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 3-4

4ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 11-12



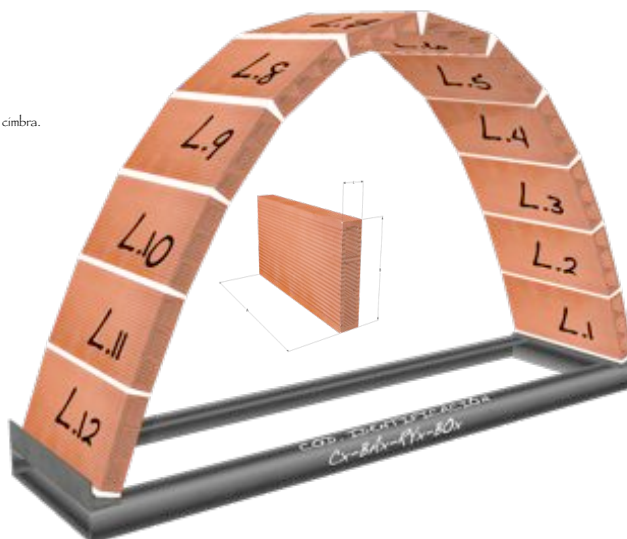
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA1-RY2-BO7

|   |                          |                  |                           |
|---|--------------------------|------------------|---------------------------|
| ID. BÓVEDA:   | <b>BO7</b>               | Fecha Ejecución: | <b>23/07/15</b>           |
| ID. Cimbra:   | <b>C1</b>                | ID. Bastidor:    | <b>BA1</b>                |
| Tipo ladrillo:  | 11,5 cm ( medida nominal | Yeso:            | Iberplast. ( Yeso rápido) |
| Tipo recubrimiento:   |                          |                  |                           |
| <b>RY2: Refuerzo con malla de fibra de vidrio Armatex 44 (4x4 mm) y recubrimiento final de yeso</b> |                          |                  |                           |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor (ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver: Planicidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultáneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

EL REVESTIMIENTO DE YESO SE EJECUTA EL DIA: 27/07/15

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida de 5 mm aprox de relleno, posteriormente se coloca la fibra de vidrio, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

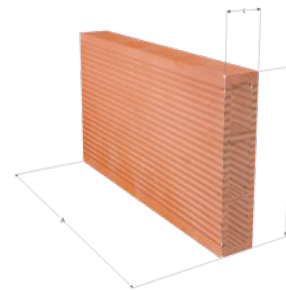
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |                        | 16,4                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,46                   | L.1                                 | 4,2                    | 4,33                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,42                   | L.2                                 | 4,2                    | 4,31                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 11                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,34                   | L.3                                 | 4,4                    | 4,37                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,6                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,55                   | L.4                                 | 4,2                    | 4,375                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,5                    | L.5                                 | 4,5                    | 4,5                   |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 8,7                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,32                   | L.6                                 | 4,42                   | 4,37                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 13,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,49                   | L.7                                 | 4,55                   | 4,52                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,5                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,55                   | L.8                                 | 4,62                   | 4,585                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,5                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,34                   | L.9                                 | 4,2                    | 4,27                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,38                   | L.10                                | 4,5                    | 4,44                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 8,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,22                   | L.11                                | 4,1                    | 4,16                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 3,99                   | L.12                                | 4,24                   | 4,115                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 16                                  |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior **9,6 mm**

Longitud total medición **152,23 cm**  
Longitud prevista **150,5 cm**  
Diferencia **1,73 cm**

Recubrimiento medio  
: **13,6 mm**



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

C1-BA1-RY2-BO7

FECHA DEL ENSAYO: 07/09/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24             |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                                  |
| Fecha colocación ladrillos:     | 23/07/15                                      |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm  |
| Revestimiento:                  | RECUB. DE 1 CM DE YESO + REFUERZO MALL 4X4 MM |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                                  |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 27/07/15                                      |
| Espesor medio recubrimiento:    | 13,6 mm                                       |



Observaciones antes del ensayo:

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

Yeso: No se observan defectos.

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura: 3,97 kN

Vel. Ensayo: 2 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

Antes del ensayo no se observan posibles fisuras desbidas al fraguado del yeso .

Observaciones durante el ensayo:

- 1ª FISURA: Entre los ladrillos L10 -L9  
 2ª FISURA: Entre los ladrillos L4-L5  
 3ª FISURA: Entre los ladrillos L6-L7  
 4ª FISURA: ladrillos L5-L6. La fisura no sigue la línea de la junta



Tipo de rotura



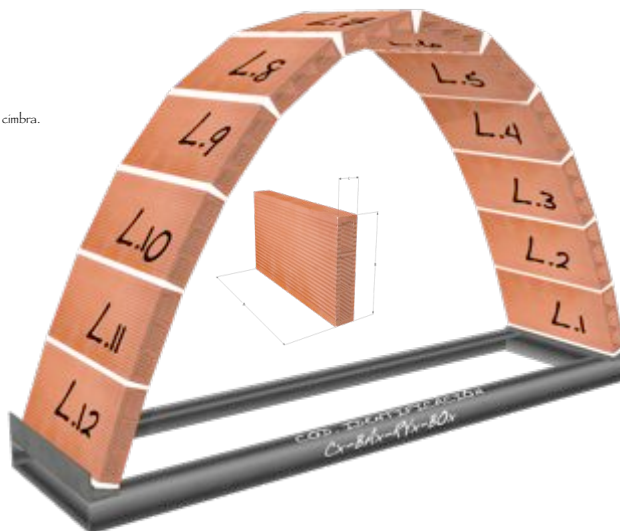
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA2-RY3-BO8

|   |                                  |                  |                                  |
|---|----------------------------------|------------------|----------------------------------|
| ID. BÓVEDA:   | <b>BO8</b>                       | Fecha Ejecución: | <b>23/07/15</b>                  |
| ID. Cimbra:   | <b>C1</b>                        | ID. Bastidor:    | <b>BA 2</b>                      |
| Tipo ladrillo:  | <b>11,5 cm ( medida nominal)</b> | Yeso:            | <b>Iberplast. ( Yeso rápido)</b> |
| Tipo recubrimiento:   |                                  |                  |                                  |
| <b>RY3: Refuerzo con malla de fibra de vidrio ARMATEX 99 (9x9 mm) y recubrimiento final de yeso</b> |                                  |                  |                                  |

## Proceso Constructivo:

- 1.- Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2.-. Alinear cimbra con bastidor( ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3.-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos ; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4.-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5.-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intrados va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

Ejecución del Arraque: Se rellenan con yeso, No se calza .

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

EL REVESTIMIENTO DE YESO SE EJECUTA EL DIA: 27/07/15

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida de 5 mm aprox de relleno, posteriormente se coloca la fibra de vidrio, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

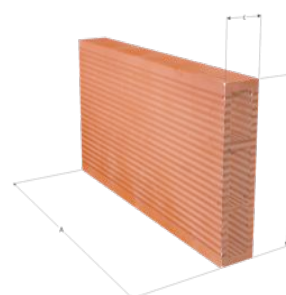
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      |  | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|--|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| A:                           | 24   |  |                        | 12,8                                |                        |                       |
| B:                           | 11,5 |  | 4,45                   | L.1                                 | 4,09                   | 4,27                  |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 13                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,58                   | L.2                                 | 4,28                   | 4,43                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,3                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,75                   | L.3                                 | 4,46                   | 4,605                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 10,8                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,8                    | L.4                                 | 4,55                   | 4,675                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,5                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,78                   | L.5                                 | 4,64                   | 4,71                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,81                   | L.6                                 | 4,62                   | 4,715                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,8                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,38                   | L.7                                 | 4,39                   | 4,385                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,3                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,24                   | L.8                                 | 4,59                   | 4,415                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 12,1                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,09                   | L.9                                 | 4,49                   | 4,29                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 10                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,18                   | L.10                                | 4,31                   | 4,245                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,9                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,37                   | L.11                                | 4,3                    | 4,335                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,41                   | L.12                                | 4,47                   | 4,44                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 17,1                                |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior 9,6 mm

Longitud total medición 152,68 cm  
Longitud prevista 150,5 cm  
Diferencia 2,18 cm

Recubrimiento medio  
: 14,6 mm



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud  
Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto

REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

C1-BA2-RY3-BO8

FECHA DEL ENSAYO: 07/09/15  
Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24             |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                                  |
| Fecha colocación ladrillos:     | 23/07/15                                      |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm  |
| Revestimiento:                  | RECUB. DE 1 CM DE YESO + REFUERZO MALL 9X9 MM |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                                  |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 27/07/15                                      |
| Espesor medio recubrimiento:    | 14,6 mm                                       |



Observaciones antes del ensayo:

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos  
Yeso: No se observan defectos.

DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura 4,58 kN  
Vel. ensayo: 2 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

Antes del ensayo no se observan posibles fisuras desbidas al fraguado del yeso .

Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: Entre los ladrillos L6 -L7  
2ª FISURA: Entre los ladrillos L5-L6  
3ª FISURA: Fisura en el centro del ladrillo L10  
Al finalizar el ensayo el ladrillo L6 se ha roto



\* Tipo de rotura

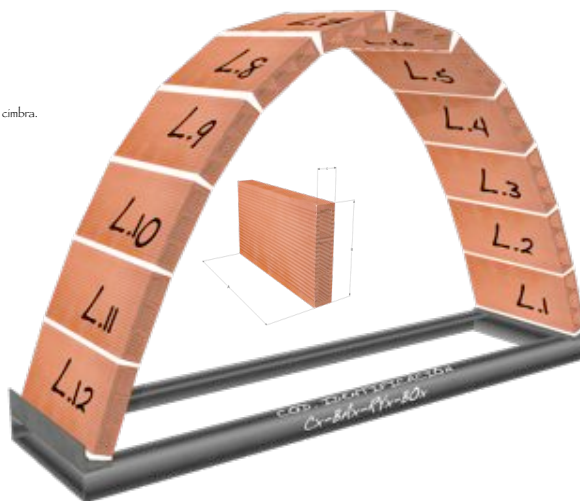
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA3-RY4-BO9

|  |                           |                  |                           |
|--|---------------------------|------------------|---------------------------|
| ID. BÓVEDA:  | <b>BO9</b>                | Fecha Ejecución: | <b>23/07/15</b>           |
| ID. Cimbra:  | <b>C1</b>                 | ID. Bastidor:    | <b>BA 3</b>               |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm ( medida nominal) | Yeso:            | Iberplast. ( Yeso rápido) |
| Tipo recubrimiento:<br><b>RY4: Refuerzo con fibras naturales (esparto) y recubrimiento final de yeso</b> |                           |                  |                           |

## Proceso Constructivo:

- 1.- Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2.- Alinear cimbra con bastidor( ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3.- Ladrillos: Humedecer los ladrillos ; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver: Planicidad del ladrillo)
- 4.- Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvorizado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; ( No amasar todo el yeso, nos fragrará antes de utilizarlo).
- 5.- Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm... Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desníveles, formas de los ladrillos, etc)

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

SE UTILIZAN 200 GRAMOS DE ESPARTO PARA REFORZAR TODO EL ARCO

EL REVESTIMIENTO DE YESO SE EJECUTA EL DIA: 28/07/15

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida de 5 mm aprox de relleno, posteriormente se coloca el esparto, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

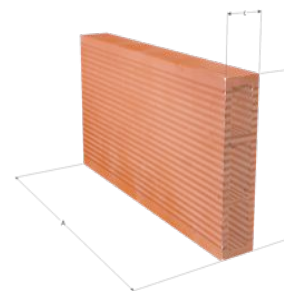
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |                        | 14,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,42                   | L.1                                 | 4,5                    | 4,46                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 5,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,64                   | L.2                                 | 4,55                   | 4,595                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 13,1                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,59                   | L.3                                 | 4,77                   | 4,68                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 11,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,83                   | L.4                                 | 4,86                   | 4,845                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,5                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,76                   | L.5                                 | 4,86                   | 4,81                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,63                   | L.6                                 | 4,61                   | 4,62                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 8,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,74                   | L.7                                 | 4,8                    | 4,77                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 6,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,39                   | L.8                                 | 4,6                    | 4,495                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 5,3                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,37                   | L.9                                 | 4,33                   | 4,35                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 6,3                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,33                   | L.10                                | 4,13                   | 4,23                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,6                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,36                   | L.11                                | 4,32                   | 4,34                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 12,6                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,54                   | L.12                                | 4,49                   | 4,515                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 14,3                                |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior **9,6 mm**

Longitud total medición **150,58 cm**  
Longitud prevista **150,5 cm**  
Diferencia **0,08 cm**

Recubrimiento medio  
: **15,6 mm**



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

C1-BA3-RY4-BO9

FECHA DEL ENSAYO: 08/09/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

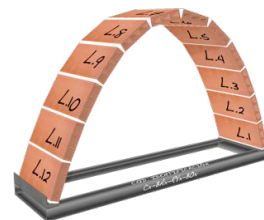
## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24                   |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG  |
| Fecha colocación ladrillos:     | 23/07/15  |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm  |
| Revestimiento:                  | RECUBR. CONTINUO DE 1 CM DE YESO + REFUERZO ESPARTO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG  |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 28/07/15  |
| Espesor medio recubrimiento:    | 15,6 mm   |

Observaciones antes del ensayo:

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

Yeso: No se observan defectos.



## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura 2,33 KN

Vel. ensayo: 2 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

Se observa una fisura en la junta de los ladrillos L8-L9 debido al fraguado del material.

Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: Entre los ladrillos L7 -L8

2ª FISURA: Entre los ladrillos L2-L3

el LVDT 100.2 ha llegado a comprimirse al máximo, en los datos finales tendremos varios valores iguales.



\* Tipo de rotura

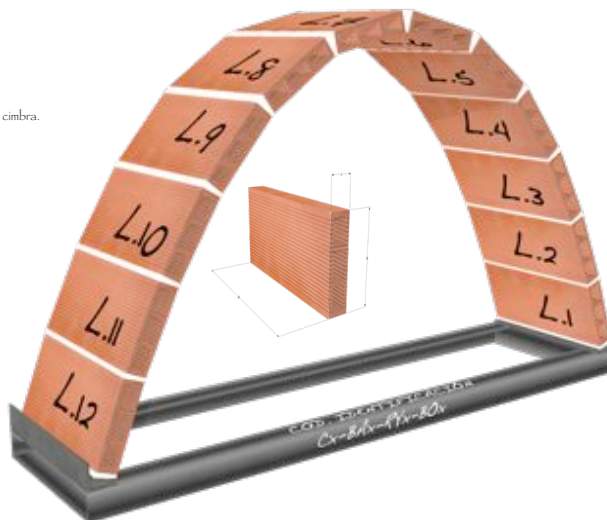
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA4-RY4-BO10

|  |                                 |                  |                                  |
|--|---------------------------------|------------------|----------------------------------|
| ID. BÓVEDA:  | <b>BO10</b>                     | Fecha Ejecución: | <b>24/07/15</b>                  |
| ID. Cimbra:  | <b>C1</b>                       | ID. Bastidor:    | <b>BA 4</b>                      |
| Tipo ladrillo:   | <b>11,5 cm ( medida nominal</b> | Yeso:            | <b>Iberplast. ( Yeso rápido)</b> |
| Tipo recubrimiento:<br><b>RY4: Refuerzo con fibras naturales (esparto) y recubrimiento final de yeso</b> |                                 |                  |                                  |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor( ver marcas) ; Nivelado y aplomado de la cimbra. Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos ; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planeidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el estrásdos de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

SE UTILIZAN 200 GRAMOS DE ESPARTO PARA REFORZAR TODO EL ARCO

EL REVESTIMIENTO DE YESO SE EJECUTA EL DIA: 28/07/15

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida de 5 mm aprox. de relleno, posteriormente se coloca el esparto, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.



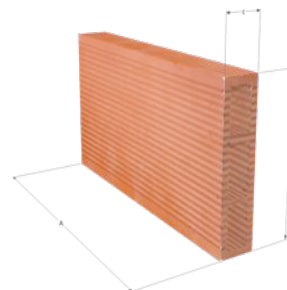
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      |  | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|--|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |  |                        | 16,5                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,18                   | L.1                                 | 4,3                    | 4,24                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,1                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,34                   | L.2                                 | 4,54                   | 4,44                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,43                   | L.3                                 | 4,51                   | 4,47                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,51                   | L.4                                 | 4,48                   | 4,495                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 7,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,41                   | L.5                                 | 4,51                   | 4,46                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,43                   | L.6                                 | 4,5                    | 4,465                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 15,6                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,61                   | L.7                                 | 4,59                   | 4,6                   |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 10,9                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,62                   | L.8                                 | 4,69                   | 4,655                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 10,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,63                   | L.9                                 | 4,63                   | 4,63                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,51                   | L.10                                | 4,42                   | 4,465                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,57                   | L.11                                | 4,38                   | 4,475                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 7,9                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,42                   | L.12                                | 4,42                   | 4,42                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 18,3                                |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior 9,6 mm

Longitud total medición 152,13 cm  
Longitud prevista 150,5 cm  
Diferencia 1,63 cm

Recubrimiento medio  
: 14,8 mm



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

Las juntas de arranque presentan un grosor superior al previsto

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

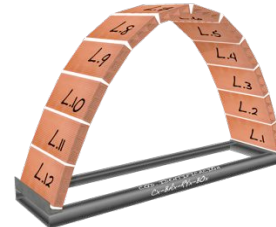
C1-BA4-RY4-BO10

FECHA DEL ENSAYO: 08/09/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24      |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                           |
| Fecha colocación ladrillos:     | 24/07/15                               |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm                                 |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO CONTINUO DE 1 CM DE YESO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                           |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 28/07/15                               |
| Espesor medio recubrimiento:    | 14,8 mm                                |



Observaciones antes del ensayo:

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

Yeso: No se observan defectos.

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura 2,63KN

Vel. ensayo: 2 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

Se observa una fisura en la junta de los ladrillos L3-L4 debido al fraguado del material.

Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: Entre los ladrillos L3-L4

2ª FISURA: Entre los ladrillos L8-L9

EL LVDT 100.1 SE HA SOLTADO CUANDO EL ARCO YA HABÍA SUFRIDO UNA CARGA DE 140 KG (APROX). HEMOS PARADO

EL ENSAYO PARA COLOCAR DE NUEVO EL LVDT



\* Tipo de rotura

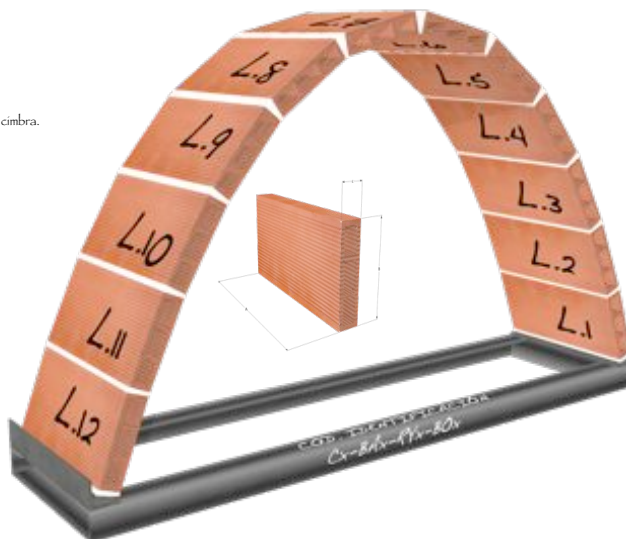
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA5-RY2-BO11

|  |                          |                  |                           |
|--|--------------------------|------------------|---------------------------|
| ID. BÓVEDA:  | BO11                     | Fecha Ejecución: | 24/07/15                  |
| ID. Cimbra:  | C1                       | ID. Bastidor:    | BA 5                      |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm ( medida nominal | Yeso:            | Iberplast. ( Yeso rápido) |
| Tipo recubrimiento:  |                          |                  |                           |
| RY2: Refuerzo con malla de fibra de vidrio Armatex 44 (4x4 mm) y recubrimiento final de yeso |                          |                  |                           |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor (ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planeidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrádos de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

EL REVESTIMIENTO DE YESO Y REFUERZO SE EJECUTA EL DIA: 10/09/2015

El revestimiento se realiza con dos masadas

Amasado del Yeso: El amasado del yeso se realiza según se describe en el proyecto

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida de 5 mm aprox de relleno, posteriormente se coloca la fibra de vidrio, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

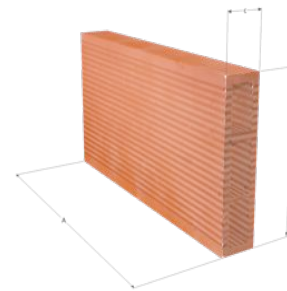
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      |  | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|--|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |  |                        | 18                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,22                   | L.1                                 | 4,2                    | 4,21                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 6                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,31                   | L.2                                 | 4,35                   | 4,33                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,39                   | L.3                                 | 4,32                   | 4,355                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,51                   | L.4                                 | 4,51                   | 4,51                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 6,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,68                   | L.5                                 | 4,61                   | 4,645                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,6                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,65                   | L.6                                 | 4,41                   | 4,53                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,5                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,32                   | L.7                                 | 4,42                   | 4,37                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 6                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,24                   | L.8                                 | 4,32                   | 4,28                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 10,8                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,32                   | L.9                                 | 4,3                    | 4,31                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,1                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,34                   | L.10                                | 4,22                   | 4,28                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 10,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,58                   | L.11                                | 4,31                   | 4,445                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 11,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,53                   | L.12                                | 4,21                   | 4,37                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 17,2                                |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior **9,6 mm**

Longitud total medición **151,42 cm**  
Longitud prevista **150,5 cm**  
Diferencia **0,92 cm**

Recubrimiento medio  
: **13,9 mm**



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

C1-BA5-RY2-BO11

FECHA DEL ENSAYO: 23/10/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

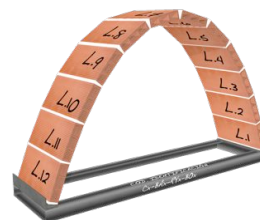
## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24      |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                           |
| Fecha colocación ladrillos:     | 24/07/15                               |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm                                 |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO CONTINUO DE 1 CM DE YESO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                           |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 10/09/15                               |
| Espesor medio recubrimiento:    | 9,9 mm                                 |

Observaciones antes del ensayo:

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

Yeso: No se observan defectos.



## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura:

Vel. ensayo: 2 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

Al iniciar el ensayo la máquina se ha parado con una carga de 2,02 kN y se ha descargado. Después hemos reiniciado el ensayo de nuevo. El LVDT 40.2 no ha registrado ningún dato.

Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: Entre los ladrillos L8 - L9

2ª FISURA: Entre los ladrillos L2 - L3

3ª FISURA: Sobre el ladrillo 4; en el ladrillo se observa una fisura longitudinal



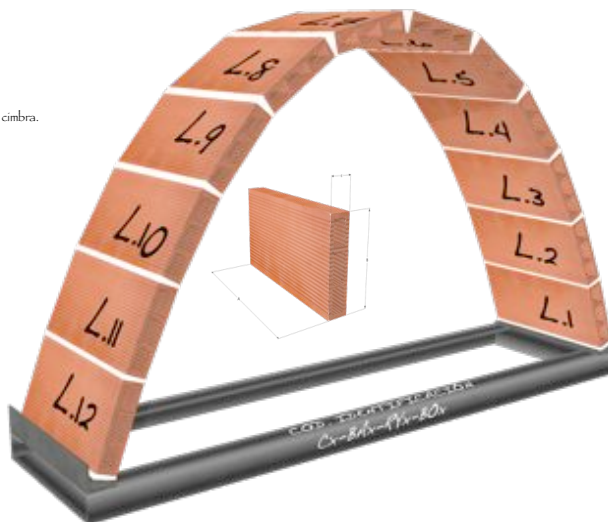
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA6-RY3-BO12

|  |                          |                  |                           |
|--|--------------------------|------------------|---------------------------|
| ID. BÓVEDA:  | BO12                     | Fecha Ejecución: | 24/07/15                  |
| ID. Cimbra:  | C1                       | ID. Bastidor:    | BA 6                      |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm ( medida nominal | Yeso:            | Iberplast. ( Yeso rápido) |
| Tipo recubrimiento:<br><b>RY3: Refuerzo con malla de fibra de vidrio ARMATEX 99 (9x9 mm) y recubrimiento final de yeso</b> |                          |                  |                           |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor (ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos ; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; ( No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrádos de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desmises, Forma de los ladrillos, etc)

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

EL REVESTIMIENTO DE YESO Y REFUERZO SE EJECUTA EL DIA: 10/09/2015

El revestimiento se realiza con dos masadas

Amasado del Yeso: El amasado del yeso se realiza según se describe en el proyecto

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

El procedimiento de ejecución del revestimiento se realiza en dos tandas de enlucida , en un principio se ejecuta una enlucida de 5 mm aprox de relleno, posteriormente se coloca la fibra de vidrio, en la segunda tanda se ejecuta el revestimiento hasta el espesor final.

## \* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

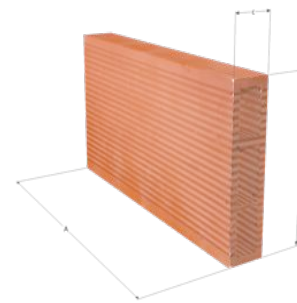
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |                        | 18                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,25                   | L.1                                 | 4,1                    | 4,175                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,8                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,5                    | L.2                                 | 4,39                   | 4,445                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,7                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,75                   | L.3                                 | 4,6                    | 4,675                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 10,6                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 5,1                    | L.4                                 | 4,61                   | 4,855                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,8                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 5,12                   | L.5                                 | 4,7                    | 4,91                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 6,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 5                      | L.6                                 | 4,85                   | 4,925                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 6                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,62                   | L.7                                 | 4,58                   | 4,6                   |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 6,8                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,8                    | L.8                                 | 4,62                   | 4,71                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 4,6                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,32                   | L.9                                 | 4,55                   | 4,435                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 9,5                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,4                    | L.10                                | 4,45                   | 4,425                 |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 12,8                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,8                    | L.11                                | 4,7                    | 4,75                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 11,4                                |                        |                       |
| A:                           | 24   | 4,72                   | L.12                                | 4,58                   | 4,65                  |
| B:                           | 11,5 |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |                        | 20,4                                |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior 9,6 mm

Longitud total medición 151,76 cm  
Longitud prevista 150,5 cm  
Diferencia 1,26 cm

Recubrimiento medio  
: 16,3 mm



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud



## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

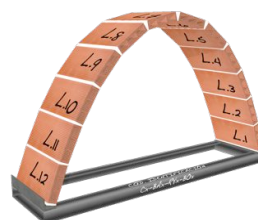
C1-BA6-RY3-BO12

FECHA DEL ENSAYO: 23/10/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24      |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                           |
| Fecha colocación ladrillos:     | 24/07/15                               |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm                                 |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO CONTINUO DE 1 CM DE YESO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                           |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 10/09/15                               |
| Espesor medio recubrimiento:    | 16,3 mm                                |



Observaciones antes del ensayo:

Ladrillo: EL LADRILLO 3 PRESENTA UNA FISURA EN EL INTRADÓS  
 Yeso: EN LA JUNTA "CLAVE", L6-L7 SE OBSERVA UNA FISURA

## DATOS DEL ENSAYO

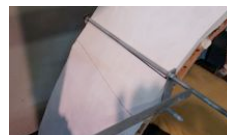
Carga de rotura:

Vel. ensayo: 2 mm · min.

Observaciones:

Observaciones durante el ensayo:

- 1ª FISURA: LADRILLO 3, APARECE EN EL CENTRO DEL LADRILLO  
 2ª FISURA: LADRILLO 10, APARECE EN EL CENTRO DEL LADRILLO  
 3ª FISURA: LADRILLO 6, APARECE EN EL CENTRO DEL LADRILLO



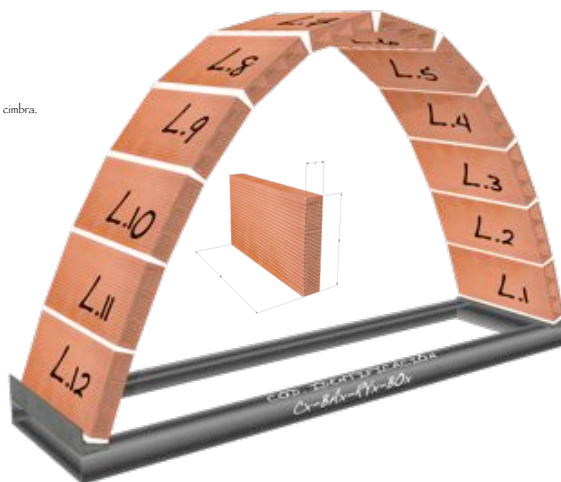
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA1-RY5-BO13

|                             |                                 |                  |                                  |
|-----------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------------------|
| ID. BÓVEDA:                 | <b>BO13</b>                     | Fecha Ejecución: | <b>09/09/15</b>                  |
| ID. Cimbra:                 | <b>C1</b>                       | ID. Bastidor:    | <b>BA 1</b>                      |
| Tipo ladrillo:              | <b>11,5 cm ( medida nominal</b> | Yeso:            | <b>Iberplast. ( Yeso rápido)</b> |
| Tipo recubrimiento:         |                                 |                  |                                  |
| Refuerzo con malla metálica |                                 |                  |                                  |

## Proceso Constructivo:

- 1.- Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2.- Alinear cimbra con bastidor ( ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3.- Ladrillos: Humedecer los ladrillos ; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4.- Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoreado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5.- Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

EL REVESTIMIENTO DE MORTERO Y REFUERZO SE EJECUTA EL DIA: 21/10/2015

EL REVESTIMIENTO DE YESO PARA HOMOGENEIZAR LOS ARCOS SE JECUTA EL 22/10/2015

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

El revestimiento de yeso se ejecuta con una sola amasada

Amasado del Yeso: El amasado del yeso se realiza según se describe en el proyecto

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

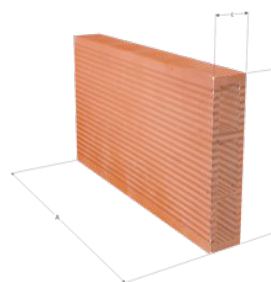
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      |  | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|--|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |  |                        | 21                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,22                   | L.1                                 | 4,24                   | 4,23                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,6                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,34                   | L.2                                 | 4,38                   | 4,36                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,32                   | L.3                                 | 4,36                   | 4,34                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 7,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,44                   | L.4                                 | 4,38                   | 4,41                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 7,8                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,4                    | L.5                                 | 4,4                    | 4,4                   |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 5,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,55                   | L.6                                 | 4,4                    | 4,475                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 6,8                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,62                   | L.7                                 | 4,58                   | 4,6                   |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 5,8                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,32                   | L.8                                 | 4,36                   | 4,34                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 6,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,38                   | L.9                                 | 4,44                   | 4,41                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 12,8                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,42                   | L.10                                | 4,38                   | 4,4                   |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 12,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,4                    | L.11                                | 4,52                   | 4,46                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,6                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,38                   | L.12                                | 4,38                   | 4,38                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 19,4                                |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior **9,6 mm**

Longitud total medición **151,12 cm**  
Longitud prevista **150,5 cm**  
Diferencia **0,62 cm**

Recubrimiento medio  
: **14,0 mm**



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

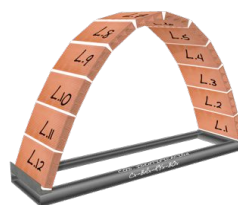
C1-BA1-RY5-BO13

FECHA DEL ENSAYO: 30/10/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL LADRILLO 3X12X24               |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                                   |
| Fecha colocación ladrillos:     | 09/09/15                                       |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm   |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO MORTERO A BASE DE CAL HIDRAULICA |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                                   |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 21/10/15                                       |
| Espesor medio recubrimiento:    | 14,0 mm  |



Observaciones antes del ensayo:

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

Yeso: No se observan defectos.

El mortero en base de cal presenta un fisuramiento producido por la retracción en el fraguado

Se observa óxido, aparecen manchas sobre el yeso del recubrimiento del ladrillo L6



\* Mortero a base de cal hidráulica

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura 4,64 KN

Vel. ensayo: 2 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: LADRILLO 2, APARECE EN EL LADRILLO 2

2ª FISURA: LADRILLO 10, APARECE SOBRE EL LADRILLO 10



\* Fisuras mortero



\* Refuerzo malla metálica



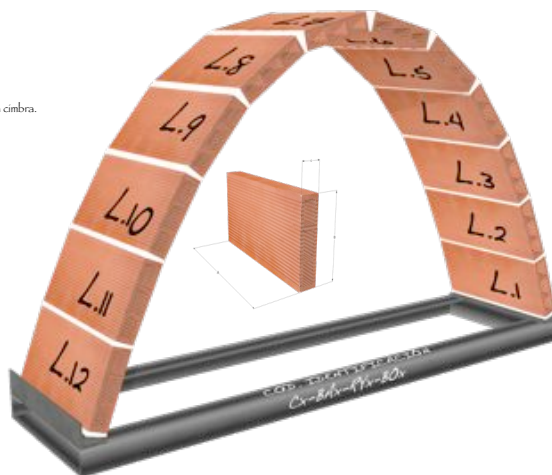
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA2-RY5-BO14

|                             |                                  |                  |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------|----------------------------------|
| ID. BÓVEDA:                 | <b>BO14</b>                      | Fecha Ejecución: | <b>09/09/15</b>                  |
| ID. Cimbra:                 | <b>C1</b>                        | ID. Bastidor:    | <b>BA 2</b>                      |
| Tipo ladrillo:              | <b>11,5 cm ( medida nominal)</b> | Yeso:            | <b>Iberplast. ( Yeso rápido)</b> |
| Tipo recubrimiento:         |                                  |                  |                                  |
| Refuerzo con malla metálica |                                  |                  |                                  |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor( ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos ; identificar la cara 'buena' del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso *polverizado*; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultáneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intrados va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

EL REVESTIMIENTO DE MORTERO Y REFUERZO SE EJECUTA EL DIA: 21/10/2015

EL REVESTIMIENTO DE YESO PARA HOMOGENEIZAR LOS ARCOS SE EJECUTA EL 22/10/2015

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

El revestimiento de yeso se ejecuta con una sola amasada

Amasado del Yeso: El amasado del yeso se realiza según se describe en el proyecto

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

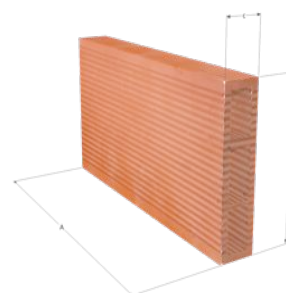
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      |  | Croquis Bóveda    |  | Espesor Bóveda<br>(cm) |  | Espesor Medio<br>(cm) |  |
|------------------------------|------|--|-------------------|--|------------------------|--|-----------------------|--|
|                              |      |  | grosor junta (mm) |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | 22                |  |                        |  |                       |  |
| B:                           | 11,5 |  | L.1               |  | 4,3                    |  | 4,36                  |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 7,1               |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.2               |  | 4,54                   |  | 4,59                  |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 9,8               |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.3               |  | 4,51                   |  | 4,55                  |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 6,2               |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.4               |  | 4,48                   |  | 4,555                 |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 5,8               |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.5               |  | 4,51                   |  | 4,555                 |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 7,2               |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.6               |  | 4,5                    |  | 4,565                 |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 5                 |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.7               |  | 4,59                   |  | 4,565                 |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 6,2               |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.8               |  | 4,49                   |  | 4,44                  |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 6,8               |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.9               |  | 4,43                   |  | 4,4                   |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 8,2               |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.10              |  | 4,42                   |  | 4,375                 |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 11,2              |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.11              |  | 4,38                   |  | 4,37                  |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 9                 |  |                        |  |                       |  |
| A:                           | 24   |  | L.12              |  | 4,42                   |  | 4,48                  |  |
| B:                           | 11,5 |  |                   |  |                        |  |                       |  |
| C:                           | 3    |  |                   |  |                        |  |                       |  |
|                              |      |  | 17,8              |  |                        |  |                       |  |

Espesor medio  
Junta interior **9,6 mm**

Longitud total medición **150,23 cm**  
Longitud prevista **150,5 cm**  
Diferencia **-0,27 cm**

Recubrimiento medio  
: **14,8 mm**



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

C1-BA2-RY5-BO14

FECHA DEL ENSAYO: 30/10/15  
Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24              |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                                   |
| Fecha colocación ladrillos:     | 09/09/15                                       |
| Grosor medio juntas (interior): | 9,6 mm   |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO MORTERO A BASE DE CAL HIDRAULICA |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                                   |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 21/10/15                                       |
| Espesor medio recubrimiento:    | 14,8 mm  |



Observaciones antes del ensayo:  
Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos  
Yeso: No se observan defectos.  
El mortero en base de cal presenta un fisuramiento producido por la retracción en el fraguado



\* Mortero a base de cal hidráulica

DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura  
Vel. ensayo: 2 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: LADRILLO 9, APARECE EN EL LADRILLO 2  
2ª FISURA: LADRILLO 6, EL LADRILLO 6 SE HA ROTO



\* Fisuras mortero



\* Refuerzo malla metálica





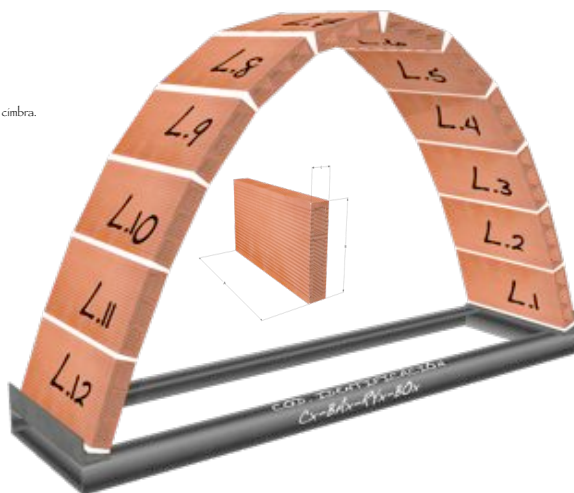
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA3-RY6-BO15

|  |                           |                  |                           |
|--|---------------------------|------------------|---------------------------|
| ID. BÓVEDA:  | BO15                      | Fecha Ejecución: | 09/09/15                  |
| ID. Cimbra:  | C1                        | ID. Bastidor:    | BA 3                      |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm ( medida nominal) | Yeso:            | Iberplast. ( Yeso rápido) |
| Tipo recubrimiento:<br>RY6: refuerzo fibras de carbono |                           |                  |                           |

## Proceso Constructivo:

- 1-. Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2-. Alinear cimbra con bastidor ( ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbras: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3-. Ladrillos: Humedecer los ladrillos; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4-. Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso polvoareado; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5-. Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intrados va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

EL REVESTIMIENTO DE RESINA Y REFUERZO SE EJECUTA EL DIA: 21/10/2015

EL REVESTIMIENTO DE YESO PARA HOMOGENEIZAR LOS ARCOS SE EJECUTA EL 22/10/2015

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

El revestimiento se realiza con dos masadas

Amasado del Yeso: El amasado del yeso se realiza según se describe en el proyecto

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

## \* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

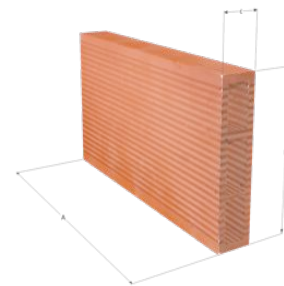
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      |      | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| A:                           | 24   |      |                        | 18,2                                |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,46 |                        | L.1                                 | 4,45                   | 4,455                 |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 5,8                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,42 |                        | L.2                                 | 4,58                   | 4,5                   |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 10,2                                |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,34 |                        | L.3                                 | 4,55                   | 4,445                 |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 6,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,55 |                        | L.4                                 | 4,8                    | 4,675                 |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 6                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,5  |                        | L.5                                 | 4,68                   | 4,59                  |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 7,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,32 |                        | L.6                                 | 4,51                   | 4,415                 |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 6,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,49 |                        | L.7                                 | 4,38                   | 4,435                 |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 6,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,55 |                        | L.8                                 | 4,24                   | 4,395                 |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 9,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,34 |                        | L.9                                 | 4,09                   | 4,215                 |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 6,8                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,38 |                        | L.10                                | 4,18                   | 4,28                  |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 9,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,22 |                        | L.11                                | 4,37                   | 4,295                 |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 7,6                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |      |                        |                                     |                        |                       |
| B:                           | 11,5 | 4,02 |                        | L.12                                | 4,41                   | 4,215                 |
| C:                           | 3    |      |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |      |                        | 16,4                                |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior 9,6 mm

Longitud total medición 149,54 cm  
Longitud prevista 150,5 cm  
Diferencia -0,96 cm

Recubrimiento medio  
: 14,1 mm



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

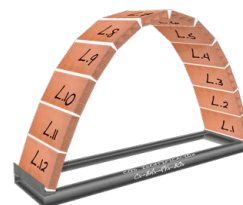
C1-BA3-RY6-BO15

FECHA DEL ENSAYO: 30/10/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24                |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                                     |
| Fecha colocación ladrillos:     | 09/09/15   |
| Grosor medio juntas (interior): | <b>9,6 mm</b>                                    |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO MORTERO EPOXIDICO + FIBRAS CARBONO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                                     |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 21/10/15   |
| Espesor medio recubrimiento:    | <b>14,1 mm</b>                                   |



Observaciones antes del ensayo:

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

Yeso: No se observan defectos.



\* Fibras de Carbono



\* Coloc. con mortero epoxídico

## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura

Vel. ensayo: 2 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

No se observa la aparición de fisuras en la superficie el recubrimiento



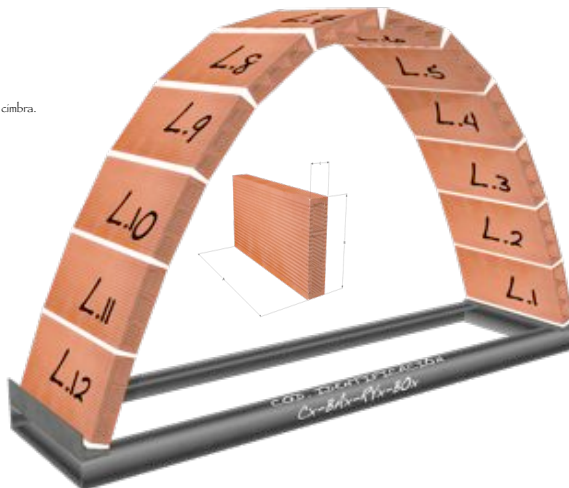
## REGISTROS EJECUCIÓN MATERIAL BÓVEDAS \*

C1-BA4-RY6-BO16

|                                 |                                 |                  |                                  |
|---------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------------------|
| ID. BÓVEDA:                     | <b>BO16</b>                     | Fecha Ejecución: | <b>09/09/15</b>                  |
| ID. Cimbra:                     | <b>C1</b>                       | ID. Bastidor:    | <b>BA 4</b>                      |
| Tipo ladrillo:                  | <b>11,5 cm ( medida nominal</b> | Yeso:            | <b>Iberplast. ( Yeso rápido)</b> |
| Tipo recubrimiento:             |                                 |                  |                                  |
| RY6: refuerzo fibras de carbono |                                 |                  |                                  |

## Proceso Constructivo:

- 1.- Nivelado del bastidor. Identificar bastidor
- 2.- Alinear cimbra con bastidor (ver marcas); Nivelado y aplomado de la cimbra.  
Identificar cimbra: Sujetar cimbra al bastidor; colocar cuñas
- 3.- Ladrillos: Humedecer los ladrillos; identificar la cara "buena" del ladrillo y ordenar para colocarlos todos en el mismo sentido (ver Planicidad del ladrillo)
- 4.- Yeso: Preparar el yeso en el capazo mezclando agua con yeso **polvoreado**; amasar solo la cantidad de yeso que se necesita en cada momento; (No amasar todo el yeso, nos fraguará antes de utilizarlo).
- 5.- Colocación Ladrillos: Elevar la bóveda simultaneamente de ambos extremos, junta interior de 5 mm.. Limpiar yeso sobrante por el extrados de la bóveda. El intradós va enlucido.



## Observaciones durante el proceso de ejecución:

\* Anotar todas las observaciones que se observen durante la ejecución de los arcos (juntas mas anchas, desniveles, forma de los ladrillos, etc)

EL REVESTIMIENTO DE RESINA Y REFUERZO SE EJECUTA EL DIA: 21/10/2015

EL REVESTIMIENTO DE YESO PARA HOMOGENEIZAR LOS ARCOS SE EJECUTA EL 22/10/2015

Ejecución del Arranque: Se rellenan con yeso, No se calza .

El revestimiento se realiza con dos masadas

Amasado del Yeso: El amasado del yeso se realiza según se describe en el proyecto

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

\* identificación de la Bóveda

Cx: Identificación de la cimbra empleada . (C1-C2)

Bax: Identificación del bastidor empleado . (BA1 hasta BA6)

RYx: Identificación del tipo de recubrimiento:

RY1: Yeso de espesor medio 1 cm

RY2: Refuerzo Malla vidrio 44

RY3: Refuerzo Malla vidrio 99

RY4: Yeso reforzado con esparto

RY5: Refuerzo Malla metálica

RY6: Refuerzo mediante fibra de carbono

Box: Identificación de la Boveda.

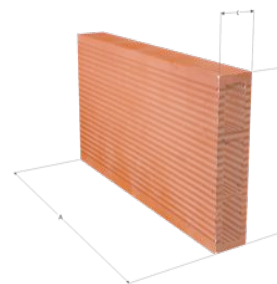
## Datos de la Ejecución material

| Dimensiones ladrillo<br>(cm) |      |  | Espesor Bóveda<br>(cm) | Croquis Bóveda<br>grosor junta (mm) | Espesor Bóveda<br>(cm) | Espesor Medio<br>(cm) |
|------------------------------|------|--|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                              |      |  |                        | 16                                  |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,32                   | L.1                                 | 4,45                   | 4,385                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,31                   | L.2                                 | 4,58                   | 4,445                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,6                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,39                   | L.3                                 | 4,55                   | 4,47                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,51                   | L.4                                 | 4,7                    | 4,605                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,68                   | L.5                                 | 4,78                   | 4,73                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,65                   | L.6                                 | 4,71                   | 4,68                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 5,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,32                   | L.7                                 | 4,38                   | 4,35                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8,2                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,24                   | L.8                                 | 4,24                   | 4,24                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 7,4                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,32                   | L.9                                 | 4,09                   | 4,205                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,8                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,34                   | L.10                                | 4,18                   | 4,26                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 8                                   |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,58                   | L.11                                | 4,37                   | 4,475                 |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 9,6                                 |                        |                       |
| A:                           | 24   |  | 4,53                   | L.12                                | 4,41                   | 4,47                  |
| B:                           | 11,5 |  |                        |                                     |                        |                       |
| C:                           | 3    |  |                        |                                     |                        |                       |
|                              |      |  |                        | 16                                  |                        |                       |

Espesor medio  
Junta interior **9,6 mm**

Longitud total medición **150,28 cm**  
Longitud prevista **150,5 cm**  
Diferencia **-0,22 cm**

Recubrimiento medio  
: **14,4 mm**



## Observaciones:

Las juntas de color rojo se observa una fisura en toda su longitud

## REGISTRO ENSAYOS BÓVEDAS \*

C1-BA4-RY6-BO16

FECHA DEL ENSAYO: 30/10/15

Lugar de ensayo: Talleres de la Universidad Jaume I

## DATOS DE LA EJECUCIÓN

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EMPRESA MORATAL. LADRILLO 3X12X24                |
| Yeso colocación ladrillos:      | IBERPLAST YG                                     |
| Fecha colocación ladrillos:     | 09/09/15   |
| Grosor medio juntas (interior): | <b>9,6 mm</b>                                    |
| Revestimiento:                  | RECUBRIMIENTO MORTERO EPOXIDICO + FIBRAS CARBONO |
| Yeso revestimiento:             | IBERPLAST YG                                     |
| Fecha ejecución revestimiento:  | 21/10/15   |
| Espesor medio recubrimiento:    | <b>14,4 mm</b>                                   |

Observaciones antes del ensayo:

Ladrillo: No se observan defectos en los ladrillos

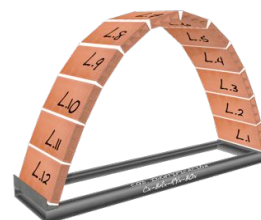
Yeso: No se observan defectos.



\* Fibras de Carbono



\* Coloc. con mortero epoxídico



## DATOS DEL ENSAYO

Carga de rotura 9,25 KN

Vel. ensayo: 2 mm · min.

Observaciones durante el ensayo:

1ª FISURA: JUNTA ENTRE L 8-L9,

2ª FISURA: JUNTA ENTRE L 10-L11,



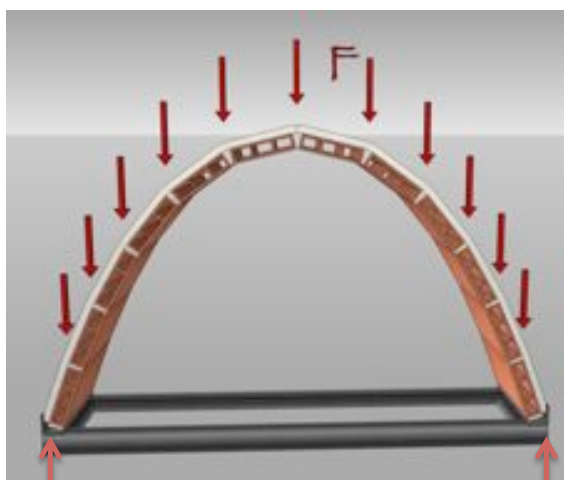
## 7. EJECUCIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO

### 7.1 Sistema aplicación de la carga.

En arquitectura se emplea la palabra catenaria para designar la curva cuyo trazado sigue la forma que adquiere una cadena o cuerda de densidad uniforme y perfectamente flexible sujeta por sus dos extremos y que se encuentra sometida únicamente a las fuerzas de la gravedad. Al ser una curva que comba bajo su propio peso, considerando una carga uniformemente distribuida en toda su longitud, la catenaria tiene la característica de ser el lugar geométrico de los puntos donde las tensiones horizontales del cable se compensan y por ello carece de tensiones laterales, por lo que la cadena permanece inmóvil sin desplazarse hacia los lados. Las fuerzas que actúan con una fuerza vertical, la de la gravedad, y una tensión tangente a la cadena en cada punto que es la que la mantiene estirada.

En la definición de la curva catenaria se describe que es una curva adaptada a una carga, la gravedad, uniformemente distribuida en toda la longitud, por tanto las únicas reacciones que aparecen en los puntos de sustentación son verticales. El arco catenario, se define como la curva invertida a la catenaria, hecho que hace rotar 180 grados el sistema obtenido. Esta rotación del sistema produce un cambio de sentido de las acciones y reacciones del sistema, es decir las reacciones en los puntos de sustentación pasan a ser verticales de valor positivo y las carga de la gravedad es sustituida por una carga uniformemente distribuida tal y como se muestra en la figura.

Tras este análisis podemos afirmar que el arco catenario trabaja de forma más efectiva cuando está sometido a una carga uniformemente distribuida en toda la longitud de su curva.

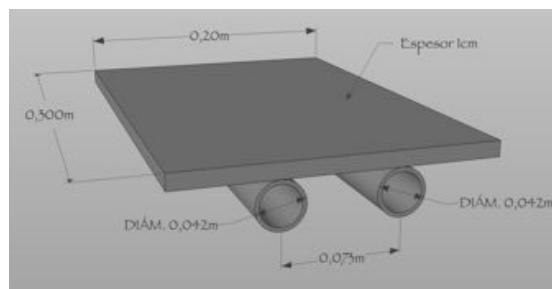


\* Arco Catenario. Sistema aplicación carga uniformemente distribuida.



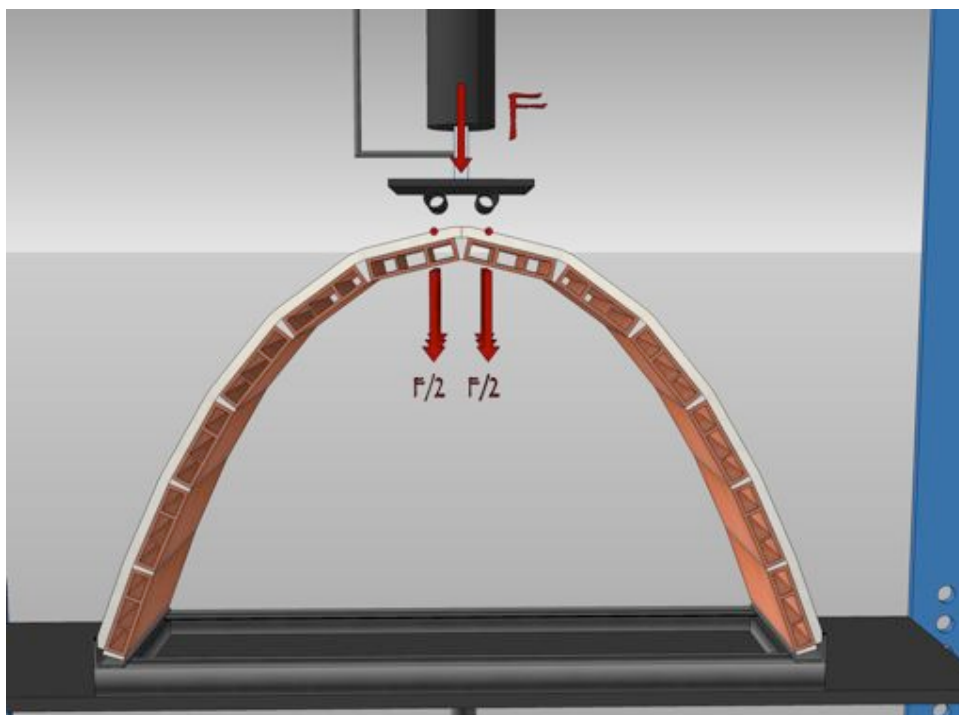
### Aplicación de la carga en los ensayos.

Debido a la dificultades encontradas en el laboratorio para reproducir una carga uniformemente distribuida en toda la longitud de la curva, se ha optado por diseñar un sistema de aplicación de la carga de forma que una vez unido a la prensa, este nos transmitirá dicha fuerza a dos puntos equidistantes del centro geométrico de las bóvedas.



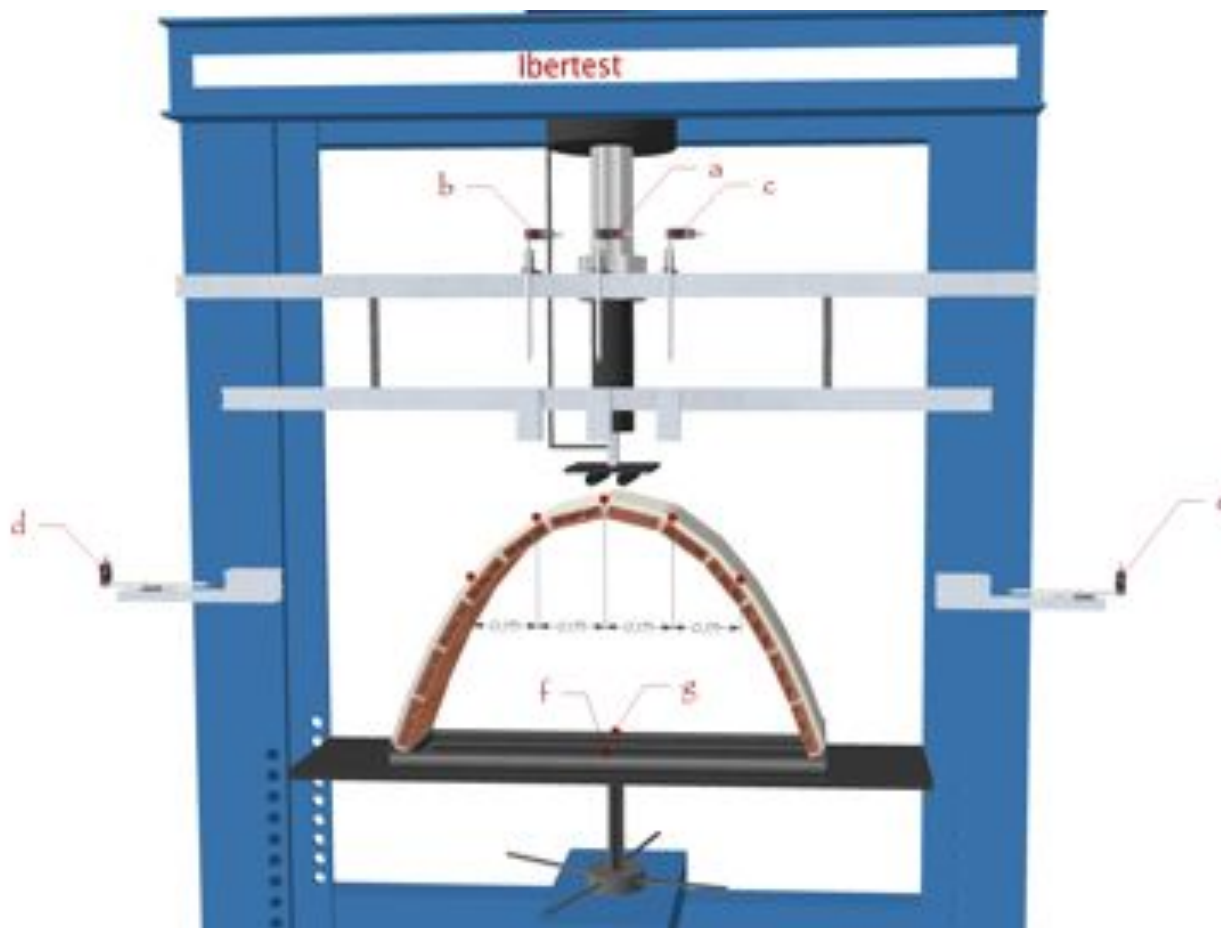
*\* Sistema de aplicación de cargas.*

### Croquis aplicación carga



*\* Sistema completo de aplicación de cargas*

## 7.2 Situación puntos de medida.



### Legenda:

(a) - LVDT 100.1 : Medición vertical

(b) - LVDT 100.2 : Medición vertical

(c) - LVDT 100.3 : Medición vertical

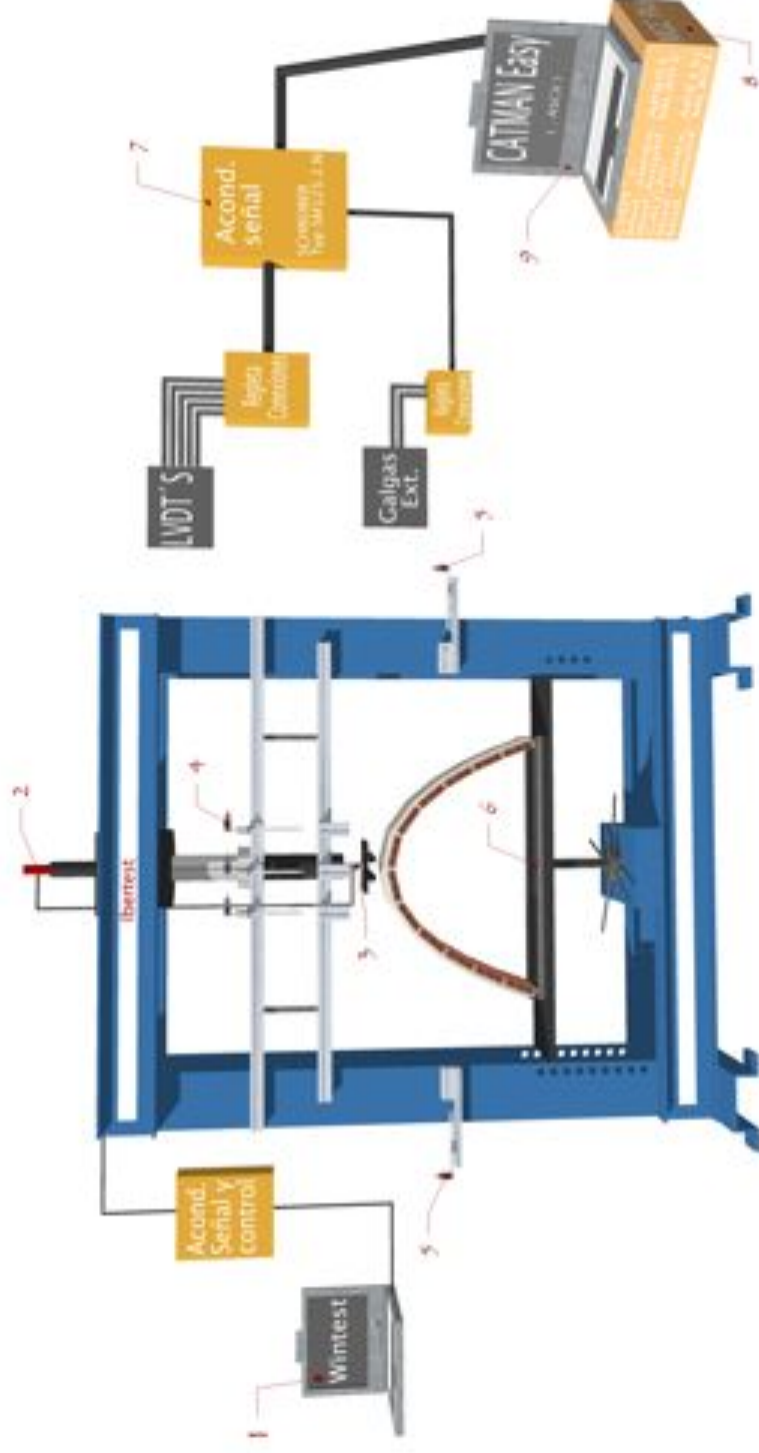
(d) - LVDT 40.1 : Medición horizontal.

(e) - LVDT 40.2 : Medición horizontal.

(f) - Galga extensométrica anterior

(g) - Galga extensométrica posterior

### 7.3 Sistema adquisición de datos.



- (1) - ORDENADOR CONTROL ENSAYO
- (2) - MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO
- (3) - CÉLULA DE CARGA
- (4) - LVDT'S MEDICIONES VERTICALES.
- (5) - LVDT'S MEDICIONES HORIZONTALES

- (6) - GALGAS EXTENSIONMÉTRICAS.
- (7) - ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL
- (8) - MGC PLUS. Módulo de conexión y módulo amplificador.
- (9) - Ordenador con software Catman Easy. Adquisición de resultados en formato .ASCII

## MAQUINA IBERTEST (MOD. MEHB-1500/PDIB-100/SW)

## DESCRIPCIÓN:

EL ensayo se controla a través de un sistema de control con interfaz a través de un ordenador personal ubicado en las proximidades del pórtico. Anexo a lo anterior y totalmente oculto se encuentra el grupo hidráulico.

Dicho grupo va apoyado sobre el propio bastidor, mediante topes antivibratorios, evitando así la transmisión de posibles vibraciones al resto de la instalación.



\* Máquina Ibertest (mod. MEHB-1500/PDIB-100/SW)

## ZONA DE ENSAYOS PDIB-100

El pórtico esta formado por un marco de dos columnas, fabricadas mediante perfiles normalizados HEB, una bancada inferior fabricada mediante perfiles UPN montados mediante soldaduras a las columnas y un travesaño superior de perfiles UPN soldados a las columnas y que sirven de cierre de marco.

En la parte inferior del travesaño superior se monta el cilindro de doble efecto, de cámaras asimétricas en cuyo interior se encuentra el pistón cromado y rectificado de 300 mm de carrera. Sobre la cabeza del pistón se monta la célula de carga, de bajo perfil, en la que se montarán los diversos dispositivos que incorpora la instalación o además otras células de bajas cargas opcionales que se pueden montar en la instalación. El pistón incorpora un transductor de carrera montado sobre la parte trasera del mismo que sirve para realizar la medida de carrera.

Sobre las columnas, se desliza el travesaño intermedio, que fija su posición a través de bulones pasantes por pasos de 100 mm.. El desplazamiento del travesaño se realiza mediante un husillo de rosca trapezoidal cuya tuerca se monta sobre una placa en el travesaño inferior. El travesaño



intermedio dispone a ambos lados de un sistema de rodamientos que guían su movimiento sobre la parte interior de las columnas (perfiles HEB).

Las características principales del pórtico son las siguientes:

- Fuerza máxima: 100 KN.
- Distancia libre entre columnas: 1200 mm.
- Carrera máxima del pistón: 0-300 mm.
- Distancia entre cabezales de tracción: 0-500 mm.
- Distancia libre entre platos de compresión: 0-750 mm.

#### Transductores para la zona PDIB-100:

Transductor para la medida de desplazamientos del pistón (carrera) de capacidad de medida 300 mm, cuyas características son las siguientes:

Salida digital SSI 24 bits

Línealidad (%FS): <0,05

Repetibilidad: (%FS): <0,001

Histéresis < 0,02 mm.



#### Amplificadores de señal.

Los amplificadores de señal del sistema son necesarios para amplificar la señal de salida de los diferentes transductores que tiene la instalación. Se encuentran situados dentro de la puerta del cuadro eléctrico.

La señal que entrega los transductores, tienen un nivel de tensión muy bajo que es necesario amplificar a niveles de tensión convenientemente estabilizada a 0 a  $\pm 10$  V.

La alimentación de estos amplificadores debe de estar muy bien estabilizada por lo que a instalación incorpora una fuente de alimentación que prevén de tensión únicamente a esta parte del sistema garantizando el cumplimiento de estas condiciones.

Los amplificadores de la célula de carga y el transductor de presión son extensimétricos y su referencia es AE-301.

SOFTWARE: WINTEST.

A continuación se describe el software que gestiona el control del ensayo.

#### Posibilidades de configuración previa al ensayo.

Programación de ensayos individuales o en serie

Parametrización previa de los datos de la probeta (material, cliente, procedencia, numeración, etc.)

Selección del tipo de ensayo (compresión, ciclos controlados de carga y descarga, ensayo bajo norma, etc.)

Selección de parámetros de control (en fuerza, carrera, deformación)

La velocidad de carga es programable libremente por el usuario, con tolerancias máximas y mínimas, mediante software, para adaptarse a cualquier norma o procedimiento de ensayo.

La precisión de la velocidad de carga es verificable en tiempo real, mediante gráfica  $F(t)$ , con visualización directa en pantalla de la deriva real respecto a la velocidad máxima y mínima establecida en la norma.

Selección de tipo de gráfica y de los resultados a presentar en pantalla (fuerza máxima, resistencia, tiempo, deformación, etc.)

Edición de informes

Programación, mediante calculadora de fórmulas integrada, de cálculos derivados de los resultados del ensayo (resistencias, módulos, etc.)

#### Durante el ensayo

Ejecución automática del ensayo conforme al método y a los valores introducidos

Representación gráfica en pantalla del desarrollo del ensayo.

Presentación, en tiempo real, de los valores numéricos medidos por los distintos sensores conectados al sistema (fuerza, deformación, etc.)

Ejecución y presentación en pantalla de cálculos programados, por el usuario, en función de los valores de los sensores (resistencias, módulos, etc.)



#### Una vez finalizado el ensayo

Gestión de los resultados finales del ensayo

Tratamiento estadístico con creación de gráficas en 2D, comparación de ensayos consecutivos, superposición de curvas, etc.  
Localización y búsqueda de puntos significativos  
Selección de zonas del gráfico (zoom),  
Validación de datos y obtención de informes  
Obtención de imágenes (bmp) a partir de gráficos  
Archivo de resultados en ficheros  
Conversión a formatos ASCII o CSV  
Exportación a otros sistemas (Excel, LIMS, etc.)

### CÉLULA DE CARGA

#### DESCRIPCIÓN:

La célula es un transductor que convierte una fuerza determinada en señal eléctrica; esta señal es posteriormente amplificada (ya que posee poca intensidad) y medida a través de un algoritmo que proporciona a la salida el valor de la fuerza.. Esta fuerza deforma una galga extensiométrica por medio de un dispositivo mecánico. Dicha deformación es transformada por la galga en una señal eléctrica.

Por lo general la señal eléctrica emitida es muy pequeña (algunos mili volts) por lo que se hace necesario que ésta sea amplificada antes de su utilización por medio de un amplificador de instrumentación.

Por último, un algoritmo instalado a la salida calcula la fuerza que ha sido aplicada al mismo.



\* Célula de carga HBM

#### CARACTERÍSTICAS DE LA CÉLULA DE CARGA EMPLEADA:

Marca: HBM  
KRAFTAUFNEMER  
Type S9 10 KN  
Sensibilidad: 2 mV/V





## MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTOS

### DESCRIPCIÓN:

RH-M-0300M-D7-I-S 2G1100  
0,005 MM/24 Bit gray  
Grd.: 2789.98 m/s  
FNr.: 9904 0013



\* Transductor desplazamiento pistón



\* Medidor de desplazamientos

## TRANSFORMADOR DIFERENCIAL VARIABLE LINEAL (LVDT)

El transformador diferencial de variación lineal (LVDT según sus siglas en inglés) es un tipo de transformador eléctrico utilizado para medir desplazamientos lineales. El transformador posee tres bobinas dispuestas extremo con extremo alrededor de un tubo. La bobina central es el devanado primario y las externas son los secundarios. Un centro ferromagnético de forma cilíndrica, sujeto al objeto cuya posición desea ser medida, se desliza con respecto al eje del tubo.

Cuando una corriente alterna circula a través del primario, causa un voltaje que es inducido a cada secundario proporcionalmente a la inductancia mutua con el primario. La frecuencia del oscilador que causa la corriente alterna está en el rango de 1 a 10 kHz.



A medida que el núcleo se mueve, la inductancia mutua cambia, causando que el voltaje inducido en el secundario cambie. Las bobinas están conectadas en serie pero invertidas, así que el voltaje de salida es la diferencia (por eso es "diferencial") entre los dos voltajes secundarios. Cuando el núcleo está en su posición central, se encuentra equidistante a los dos secundarios, los voltajes inducidos son iguales pero de signo opuesto, así que el voltaje de salida es cero.

Cuando el núcleo es desplazado en una dirección, el voltaje en una bobina

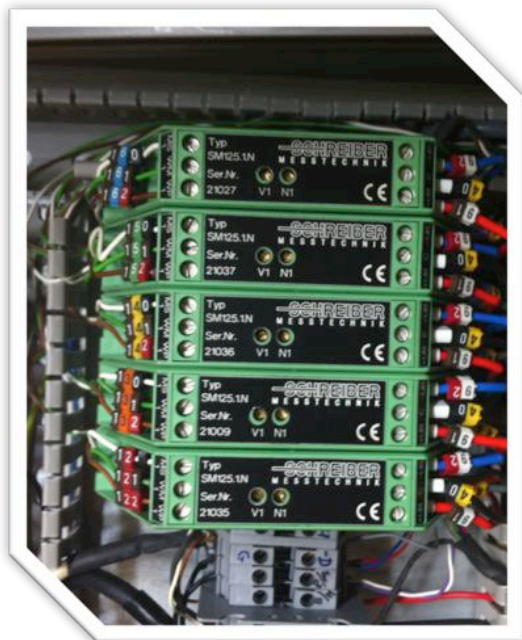
aumenta mientras que en la otra disminuye, causando que el voltaje de salida también aumente desde cero hasta su máximo. Este voltaje tiene la misma fase que el voltaje del primario. La magnitud del voltaje de salida es proporcional a la distancia en que fue desplazado el núcleo (hasta cierto límite), por eso el dispositivo es descrito como "lineal". La fase del voltaje indica la dirección del desplazamiento.

Debido a que el núcleo deslizante no toca el interior del tubo, puede moverse prácticamente sin fricción, haciendo del LVDT un dispositivo muy fiable

### CARACTERÍSTICAS DE LOS LVDT's EMPLEADOS PARA LAS MEDICIONES.

#### LVDT. Mediciones verticales

SCHRIBER Messtechnik  
SM 260.100.2.ST  
Ser. Nr 24510  
55 mV/mm



\* Acondicionamiento de señal

#### LVDT. Mediciones horizontales

SCHRIBER Messtechnik  
SM 260.40.2.ST  
Ser. Nr 24510  
110 mV/mm

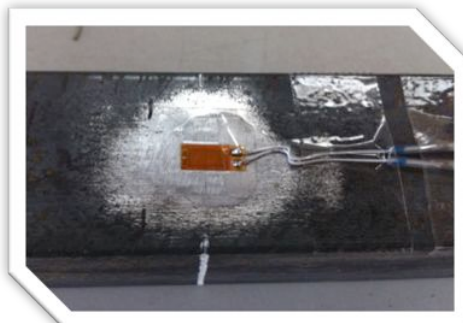


\* Regleta de conexiones

### GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS

Una galga extensiométrica o extensómetro es un sensor, para medir la deformación, presión, carga, torque, posición, entre otras cosas, que está basado en el efecto piezoresistivo, el cual es la propiedad que tienen ciertos materiales de cambiar el valor nominal de su resistencia cuando se le somete a ciertos esfuerzos y se deforman.

Un esfuerzo que deforma la galga producirá una variación en su resistencia eléctrica, esta variación puede ser por el cambio de longitud, el cambio originado en la sección o el cambio generado en la resistividad. Inventado por los ingenieros Edward E. Simmons y Arthur C. Ruge en 1938. La galga extensométrica hace una lectura directa de deformaciones longitudinales en cierto punto del material que se está analizando y expresa el cambio de la longitud sobre la longitud inicial.



En su forma más común, consiste en un estampado de una lámina metálica fijada a una base flexible y aislante. La galga se adhiere al objeto cuya deformación se quiere estudiar mediante un adhesivo, como el cianoacrilato. Según se deforma el objeto, también lo hace la lámina, provocando así una variación en su resistencia eléctrica. Habitualmente una galga extensiométrica consiste en un alambre muy fino, o más comúnmente un papel metálico, dispuesto en forma de rejilla, que se puede unir por medio de soldadura a un dispositivo que pueda leer la resistencia generada por la galga. Esta forma de rejilla permite aprovechar la máxima cantidad de material de la galga sujeto a la tensión a lo largo de su eje principal.

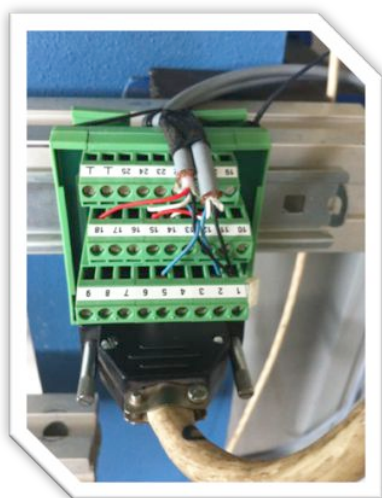
Las galgas tienen ciertas características, unas físicas y otras en cuanto a su funcionamiento. Entre las físicas se encuentra su tamaño, peso y materiales con los que fue fabricada; es pequeña y dura, lo que facilita la velocidad con que genera las respuestas; éstas son muy importantes, puesto que el resultado correcto depende de estos aspectos. Existen también características que dependen de la fabricación de la galga, por ejemplo, la temperatura del funcionamiento y el factor de la galga, éste indica la sensibilidad que tiene el sensor. También la resistencia de la galga, el coeficiente de temperatura, la prueba de fatiga y el coeficiente de expansión lineal; son características necesarias para conocer bajo qué circunstancias la galga arroja los resultados adecuados.

#### CARACTERÍSTICAS DE LA GALGAS EMPLEADAS EN EL ENSAYO.

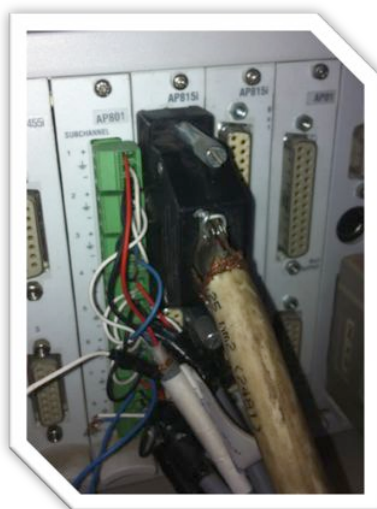
CEA-I3-240 UZ-I20

Módulo de conexión: AP815 i

Módulo amplificador: ML801



\* Regleta de conexiones



\*Módulo de conexión y Amplificador

#### ADQUISICIÓN DE DATOS.

SOFTWARE DE MEDICIÓN:

CatmanEasy versión 1.01 (HBM)

MGC PLUS – HBM

Módulo de conexiones: AP 801 ( permiten medir voltajes de  $\pm 10$  V)

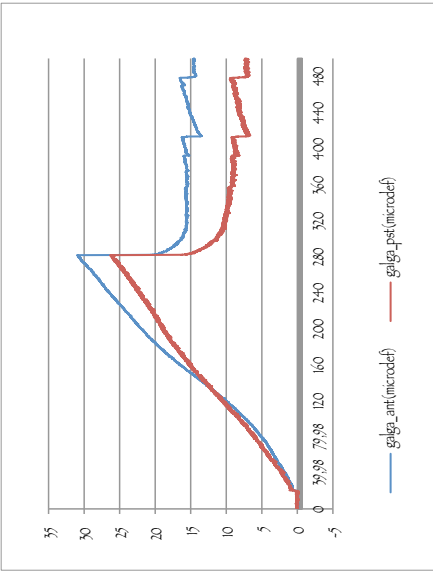
Módulo amplificado ML801 (permiten medir voltajes de  $\pm 10$  V)

## 8. RESULTADOS.

---

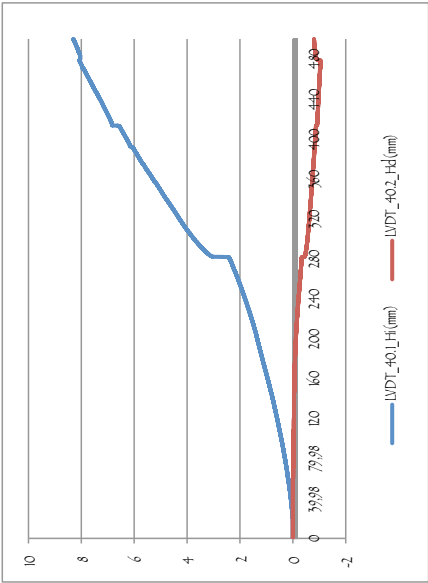
### 8.1 Fichas de resultados individuales

MICRODEFORMACIÓN BASTIDOR



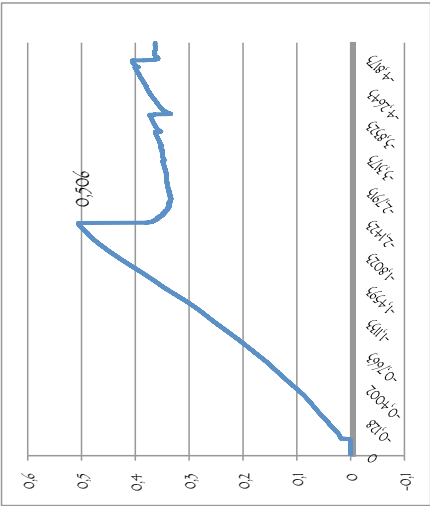
\* Criterio de signos: los valores positivos corresponde a tracción

DESPLAZAMIENTO HORIZONTALES

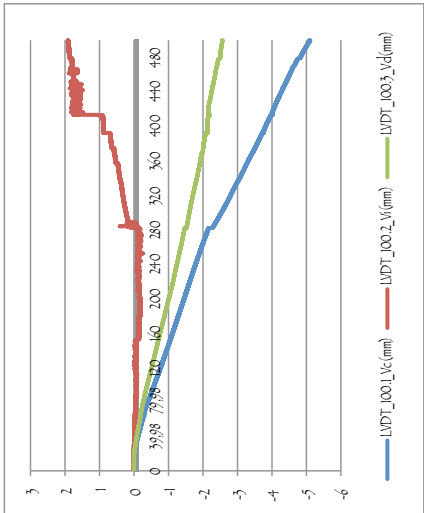


\* Criterio de signos:  
 Valores positivos : Despl. hacia el exterior del arco  
 Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco

FUERZA (kN) VS DESPL. CENTRO (mm)



DESPLAZAMIENTOS VERTICALES



\* Criterio de signos:  
 Valores positivos : Despl. Ascendente  
 Valores negativos: Despl. Descendente

CI-BAI-RYI-BOI

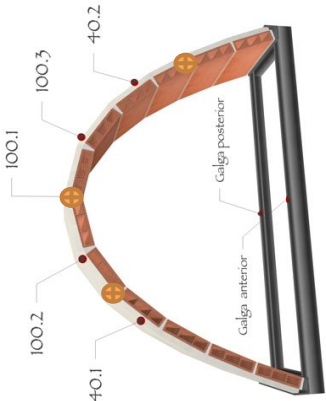
|                 |          |               |                |
|-----------------|----------|---------------|----------------|
| ID. BÓVEDA:     | BOI      | Ejecución:    | 28/05/15       |
| ID. Cimbra:     | CI       | ID. Bastidor: | BAI            |
| Tipo ladrillo:  | 12 cm    | Yeso:         | Iberplast (YG) |
| Tipo recubr.:   | RYI      |               |                |
| Fecha de Ensayo | 16/07/15 | Vel. Ensayo:  | 0.5 mm mín.    |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |         |                            |
|----------------------------|---------|----------------------------|
| t(s)                       | F (kN)  | DT_100.1_Vc(m) COMENTARIOS |
| 281,2                      | 0,50657 | -2,1663 CARGA MAX.         |

OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO

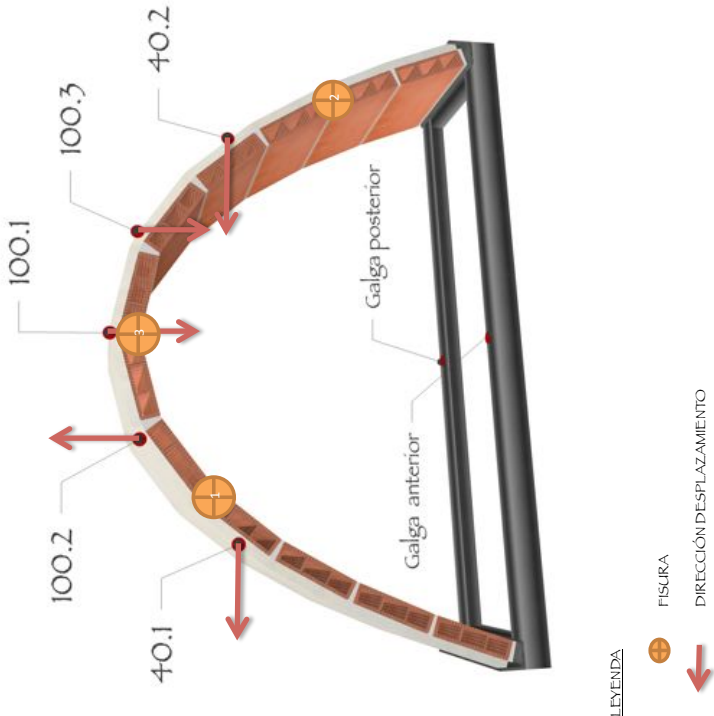
- 1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 8-9
- 2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 2-3
- 3ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 6-7

CROQUIS FISURAS

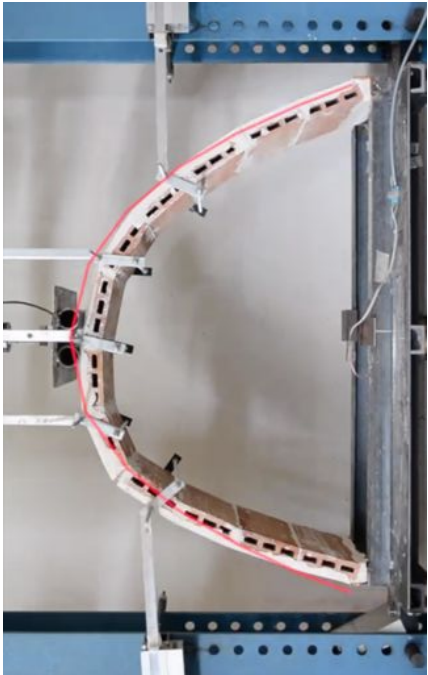


VIDEO DEL ENSAYO  
<https://www.youtube.com/watch?v=ocCgBm1ly&feature=youtu.be>

CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



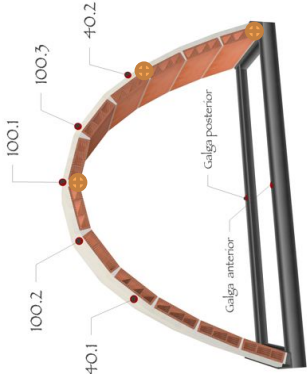
\* Fotograma obtenido del vídeo al finalizar el ensayo



|                                 |                                  |                               |                 |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| C2-BA2-RV1-BO2                  |                                  |                               |                 |
| ID. BÓVEDA:                     | BO2                              | Fecha Ejecución:              | 28/03/15        |
| ID. Cimbra:                     | C2                               | ID. Bastidor:                 | BA2             |
| Tipo ladrillo:                  | 12 cm                            | Yeso:                         | Iberplast. (VC) |
| Tipo recubri:                   | RV1: recubrimiento con yeso 1 cm |                               |                 |
| Fecha de Ensayo:                | 22/07/15                         | Velocidad Ensayo:             | 2 mm·min.       |
| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS      |                                  |                               |                 |
| t(s)                            | F (kN) max.:                     | $\Delta VDT_{100} L_{Vc}(mm)$ | COMENTARIOS     |
| 97,95                           | 0,86181                          | -1,958                        | Carga máxima    |
| OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO |                                  |                               |                 |

- 1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 6-7  
 2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 3-4  
 3ª FISURA: Aparece en la union del ladrillo 1 y el bastidor  
 4ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 7-8

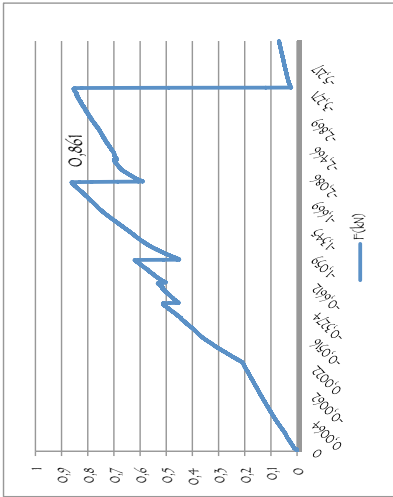
CROQUIS DE FISURAS



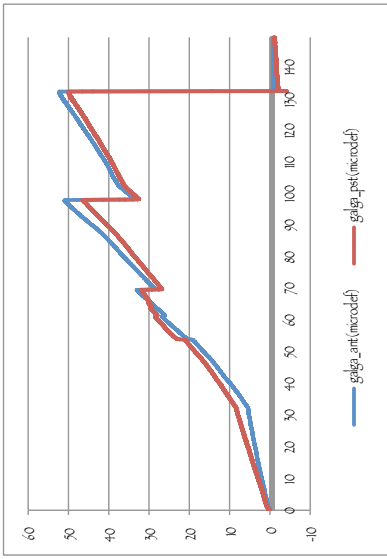
VIDEO DEL ENSAYO:

<https://www.youtube.com/watch?v=Na48MB7dqY&feature=youtu.be>

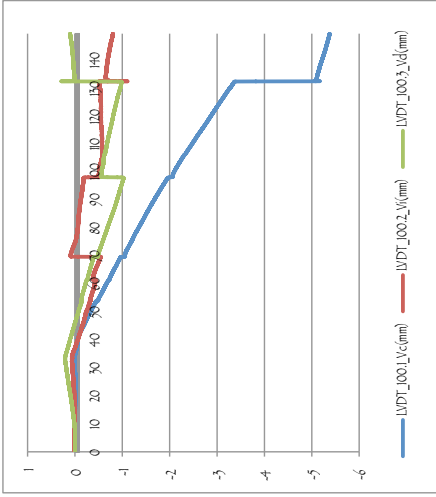
FUERZA (kN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACIÓN BASTIDOR



DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

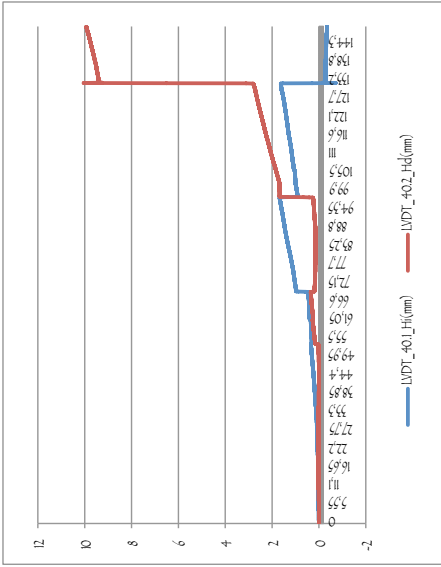


\* Criterio de signos:

Valores positivos : Despl. Ascendente

Valores negativos: Despl. Descendente

DESPLAZAMIENTO HORIZONTALES

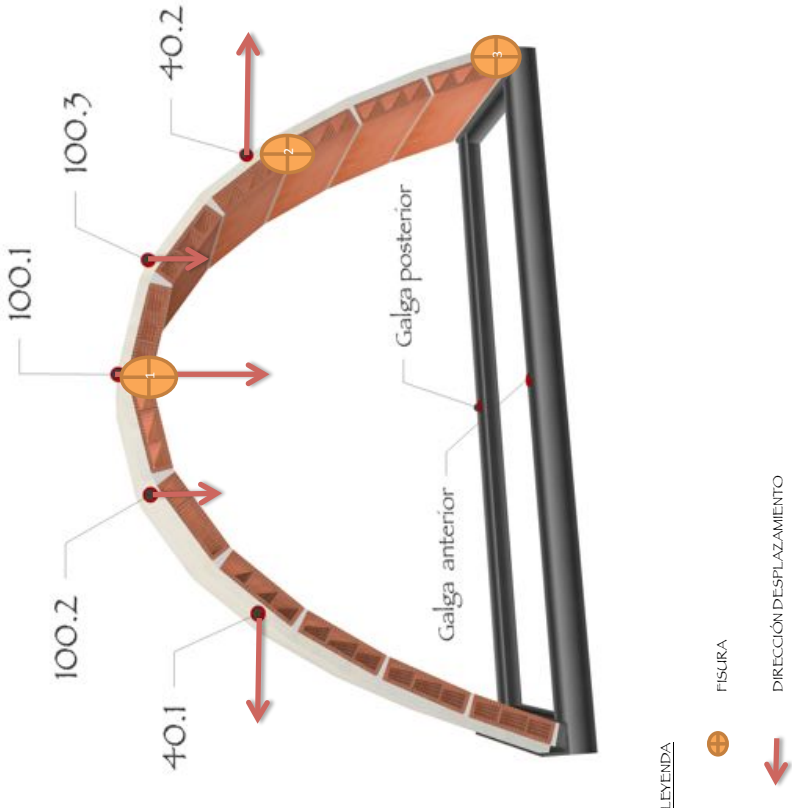


\* Criterio de signos:

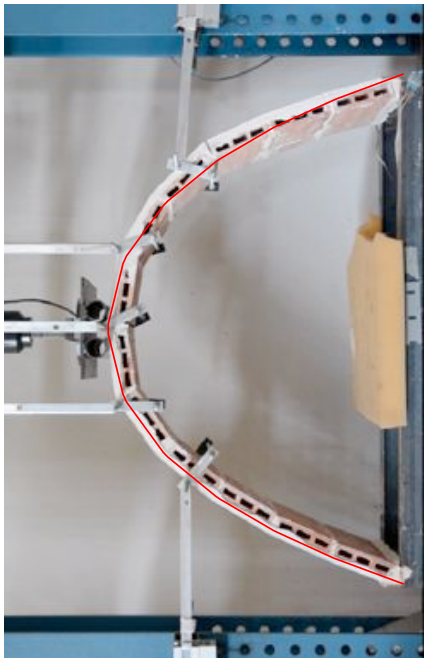
Valores positivos : Despl. hacia el exterior del arco

Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco

CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



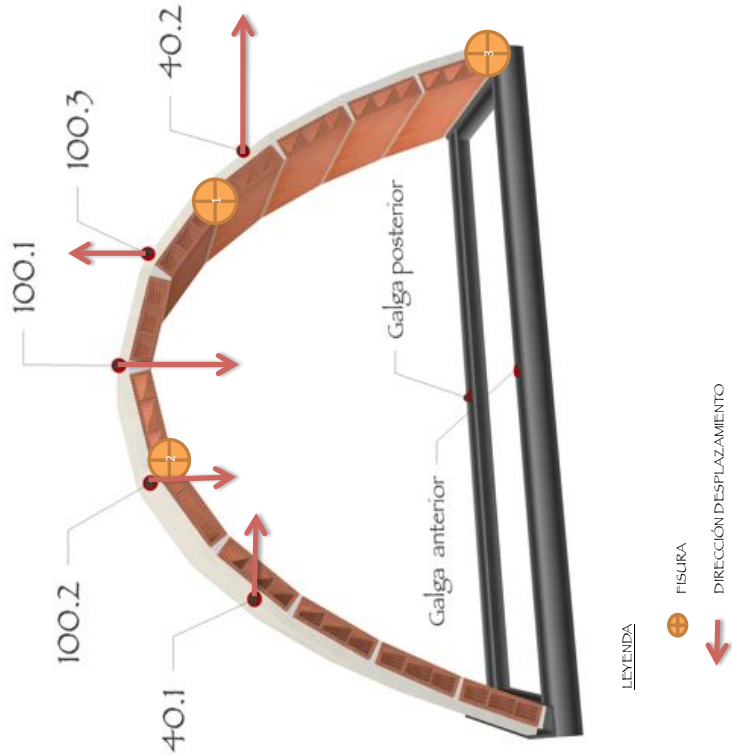
SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotograma obtenido del vídeo al finalizar el ensayo



CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotografía obtenido del video al finalizar el ensayo

C1-BA4-RY1-BO4

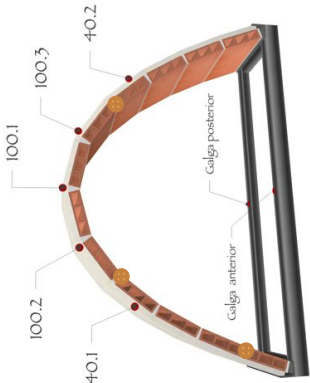
|                  |          |                  |                 |
|------------------|----------|------------------|-----------------|
| ID. BOVEDA:      | BO4      | Fecha Ejecución: | 28/03/15        |
| ID. Cimbra:      | C1       | ID. Bastidor:    | BA 4            |
| Tipo ladrillo:   | II, 5CM  | Yeso:            | Iberplast. (YG) |
| Tipo recubri.:   | RY1      |                  |                 |
| Fecha de Ensayo: | 21/07/15 | Vel. Ensayo:     | 1 mm ·min.      |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |   |
|----------------------------|---|
| t(s)                       | F (kn) max.: vDT_100.1_Vc (mm COMENTARIOS |
| 106,3                      | 0,469289 -1,55297 Valor más alto          |

OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO

- 1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 4-5
- 2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 8-9
- 3ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 11-12
- 4ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 6-7
- 5ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 1-2

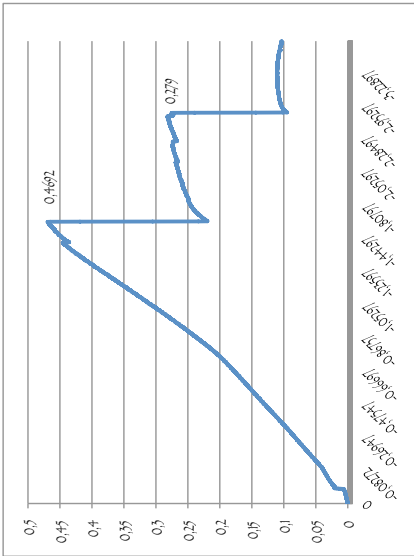
CROQUIS DE FISURAS



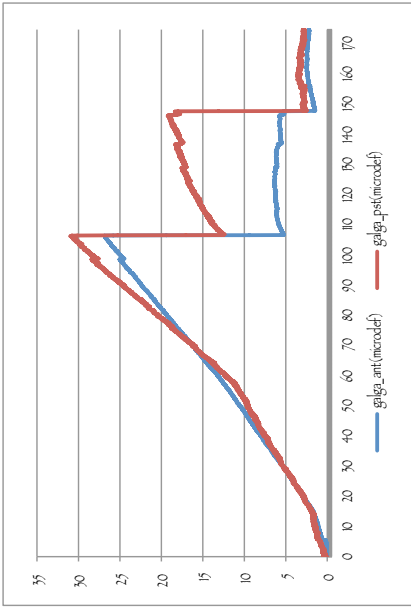
VIDEO DEL ENSAYO:

<https://www.youtube.com/watch?v=FcGPtHvfk&feature=youtu.be>

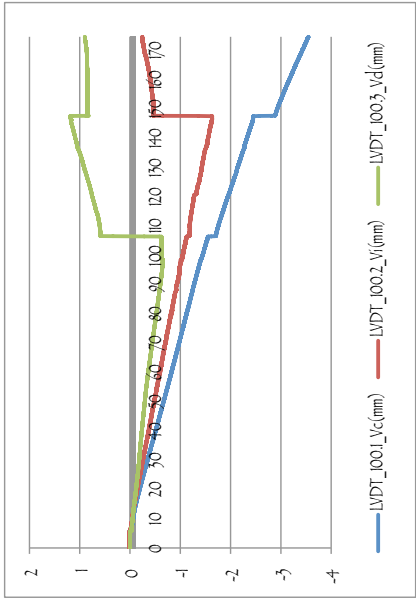
FUERZA (KN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACION BASTIDOR



DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

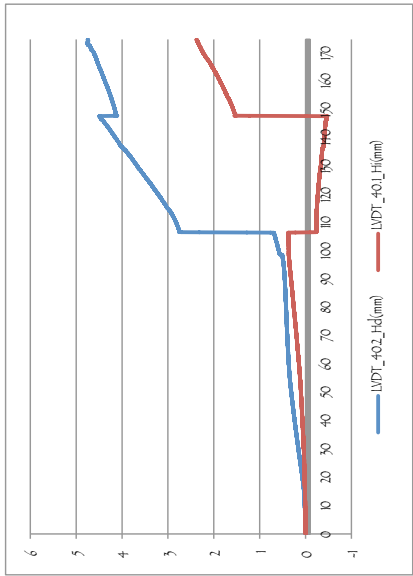


\* Criterio de signos:

Valores positivos : Despl. Ascendente

Valores negativos: Despl. Descendente

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

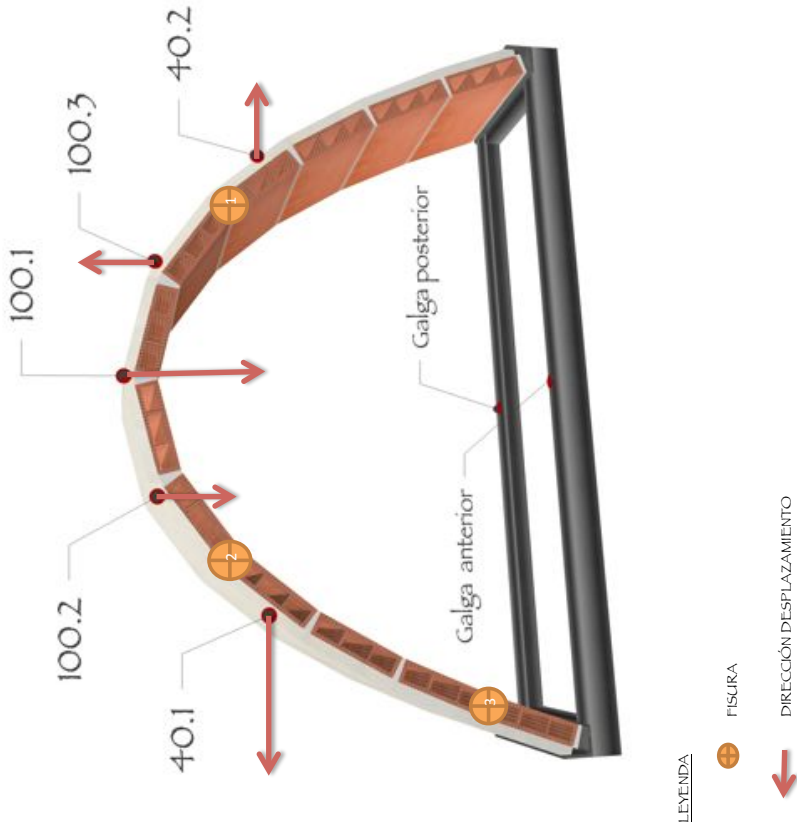


\* Criterio de signos:

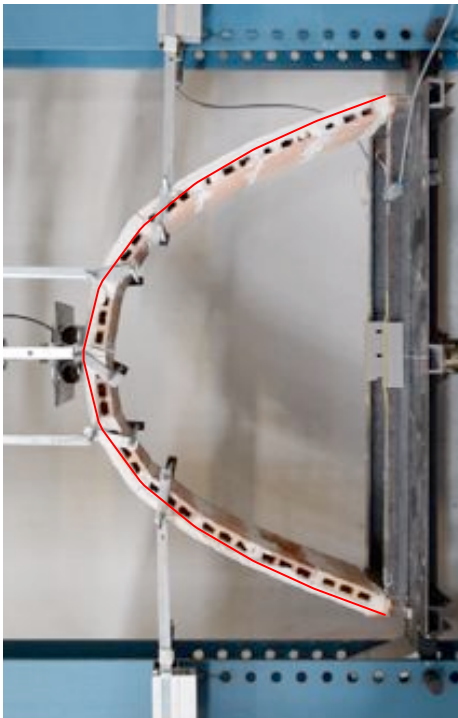
Valores positivos : Despl. hacia el exterior del arco

Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco

CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotograma obtenido del video al finalizar el ensayo

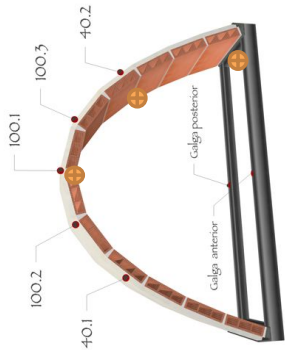
|                  |          |                   |                 |  |
|------------------|----------|-------------------|-----------------|--|
| CI-BA5-RYI-BO5   |          |                   |                 |  |
| ID. BÓVEDA:      | BO5      | Fecha Ejecución:  | 31/03/15        |  |
| ID. Cimbra:      | CI       | ID. Bastidor:     | BA5             |  |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm. | Yeso:             | Iberplast. (YG) |  |
| Tipo recubrir:   | RYI      |                   |                 |  |
| Fecha de Ensayo: | 22/07/15 | Velocidad Ensayo: | 2 mm. mín.      |  |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |              |                                |
|----------------------------|--------------|--------------------------------|
| t(s)                       | F (kn) max.: | LVDI_100.1_Vc(mm). COMENTARIOS |
| 61,95                      | 0,477584     | -1,36703 Carga máxima          |

| OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO |
|---------------------------------|
|---------------------------------|

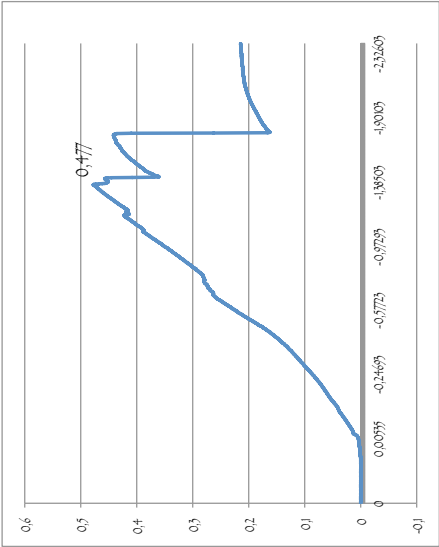
- 1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 3-4  
 2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 1-2  
 3ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 6-7  
 4ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 9-10  
 \* el LVDI 40.2 se ha soltado al final del ensayo

CROQUIS DE FISURAS

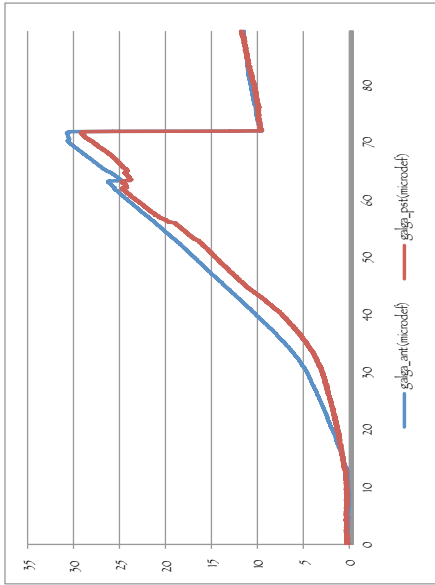


VIDEO DEL ENSAYO:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Yzvzn7mtS8M&feature=youtu.be>

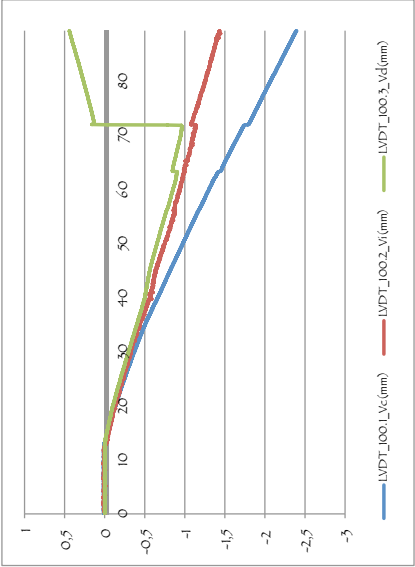
FUERZA (kN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACION BASTIDOR

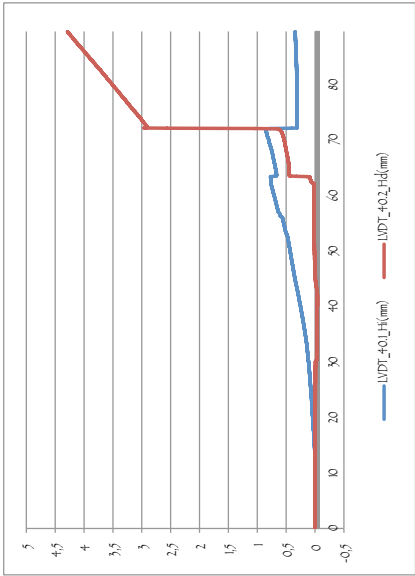


DESPLAZAMIENTOS VERTICALES



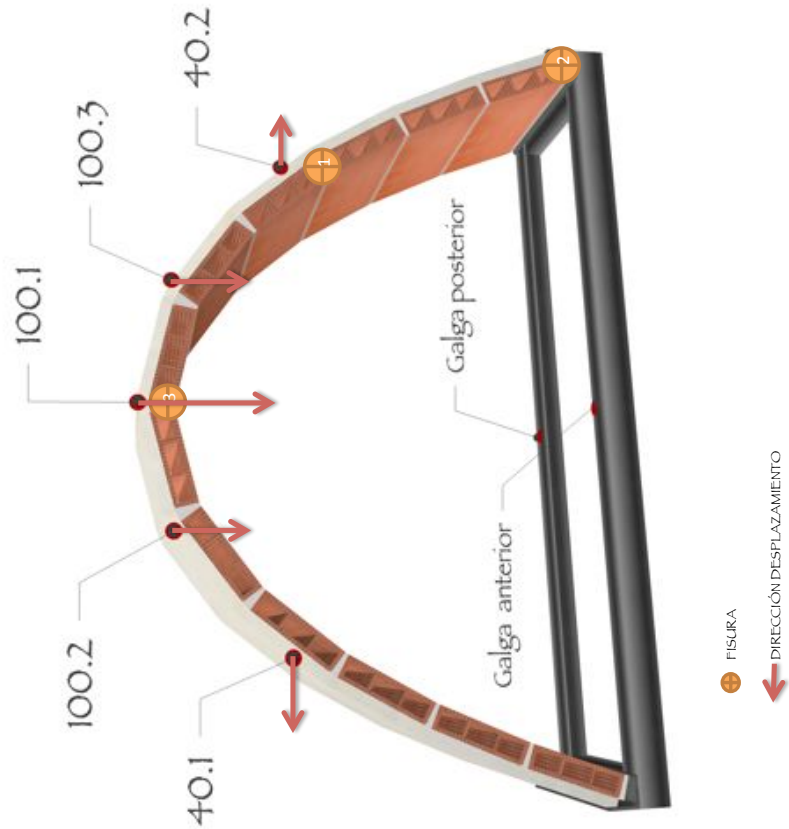
\* Criterio de signos:  
 Valores positivos : Despl. Ascendente  
 Valores negativos Despl. Descendente

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES



\* Criterio de signos:  
 Valores positivos : Despl. hacia el exterior del arco  
 Valores negativos Despl. hacia el interior del arco

CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotograma obtenido del vídeo al finalizar el ensayo



CI-BA6-RY1-BO6

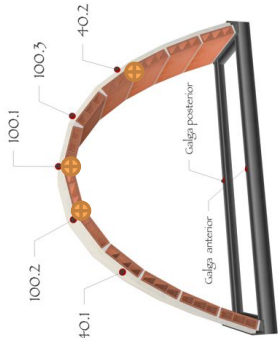
|                  |          |                  |                  |
|------------------|----------|------------------|------------------|
| ID. BÓVEDA:      | BO6      | Fecha Ejecución: | 01/04/15         |
| ID. Cimbra:      | CI       | ID. Bastidor:    | BA6              |
| Tipo ladrillo:   | 11,5cm   | Yeso:            | liberplast. (VC) |
| Tipo recubrir:   | RY1      |                  |                  |
| Fecha de Ensayo: | 21/07/15 | Vel. Ensayo:     | 2 mm·min.        |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |               |              |
|----------------------------|---------------|--------------|
| t(s)                       | 62,95         | 0,792868     |
| F (kn)                     | max.: 1,34382 | COMENTARIOS  |
|                            |               | Carga máxima |

OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO

- 1ª FISURA: Aparece en la junta de los ladrillos 7-8
- 2ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 6-7
- 3ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 3-4
- 4ª FISURA: Aparece entre los ladrillos 11-12

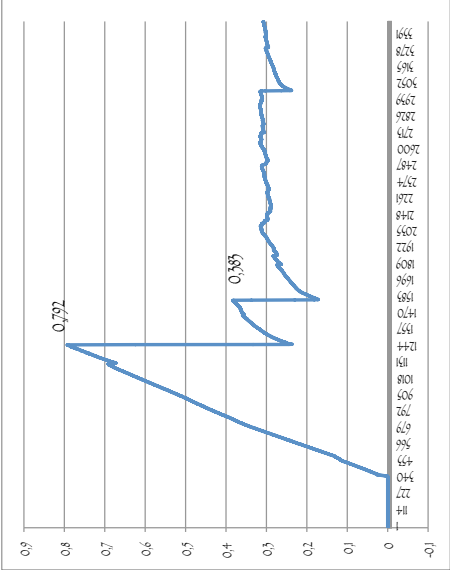
CROQUIS DE FISURAS



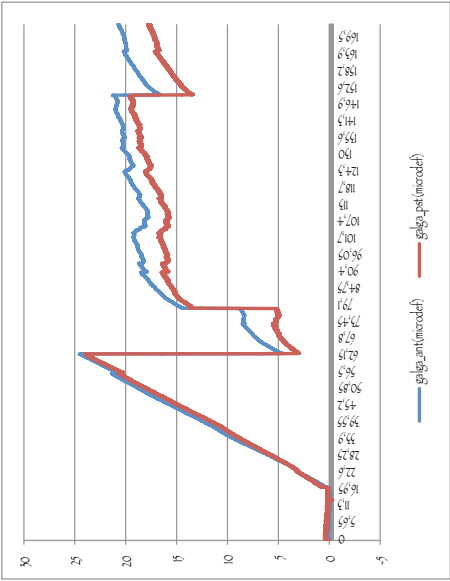
VIDEO DEL ENSAYO:

<https://www.youtube.com/watch?v=OFZowJBxPQ&feature=youtu.be>

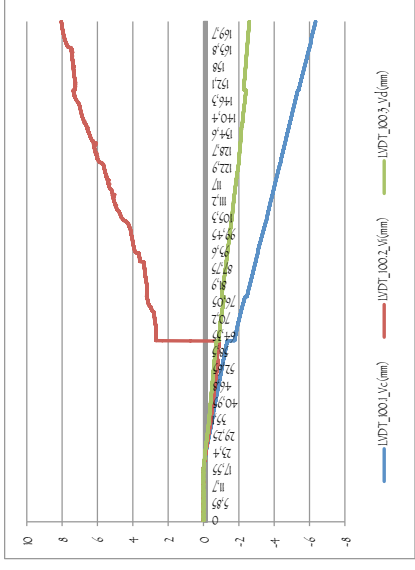
FUERZA (kN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACION BASTIDOR

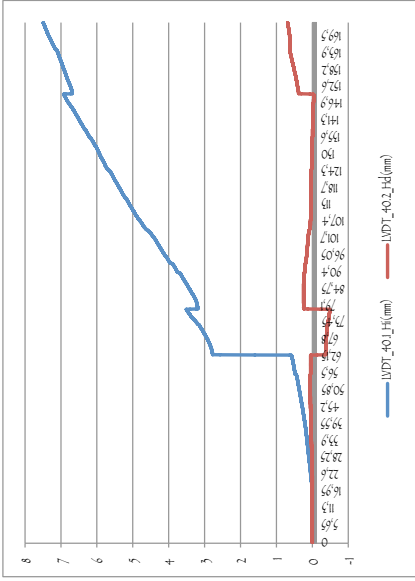


DESPLAZAMIENTOS VERTICALES



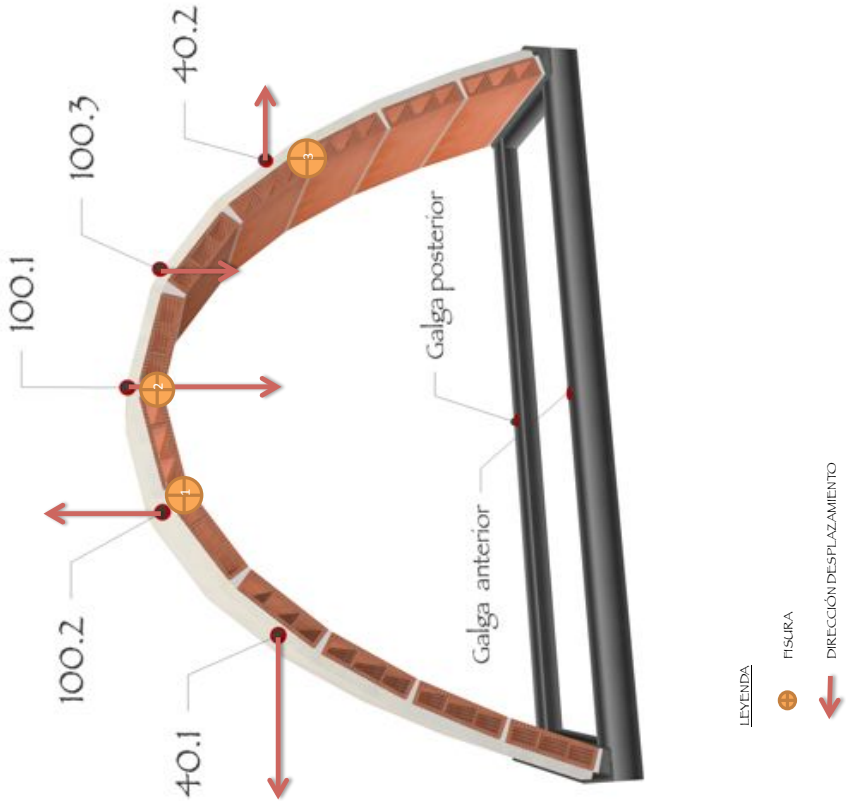
\* Criterio de signos:  
Valores positivos: Despl. Ascendente  
Valores negativos: Despl. Descendente

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES



\* Criterio de signos:  
Valores positivos: Despl. hacia el exterior del arco  
Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco

CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotograma obtenido del video al finalizar el ensayo

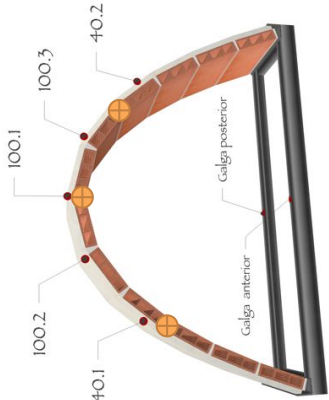
CI-BAI-RY2-B07

|                  |                                   |                  |                 |
|------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| ID. BÓVEDA:      | B07                               | Fecha Ejecución: | 23/07/15        |
| ID. Cimbra:      | CI                                | ID. Bastidor:    | BAI             |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm.                          | Yeso:            | Iberplast. (YG) |
| Tipo recubri-:   | RY2: refuerzo con malla de 4x4 mm |                  |                 |
| Fecha de Ensayo: | 07/09/15                          | Velocidad Ensayo | 2 mm · mín.     |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |              |                  |              |
|----------------------------|--------------|------------------|--------------|
| t(s)                       | F (kn) max.: | VDT_100.1,Vc(mm) | COMENTARIOS  |
| 247,4                      | 3,97/626     | -7,73            | Carga máxima |

| OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO |  |
|---------------------------------|--|
| 1ª FISURA:                      | Entre los ladrillos L10 -L9                              |
| 2ª FISURA:                      | Entre los ladrillos L4-L5                                |
| 3ª FISURA:                      | Entre los ladrillos L6-L7                                |
| 4ª FISURA:                      | ladrillos L5-L6. La fisura no sigue la línea de la junta |

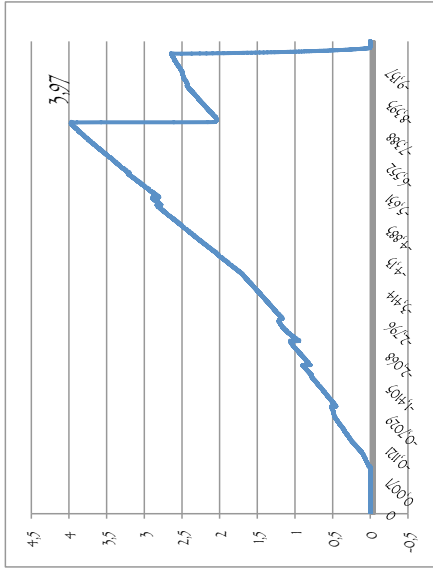
CROQUIS DE FISURAS



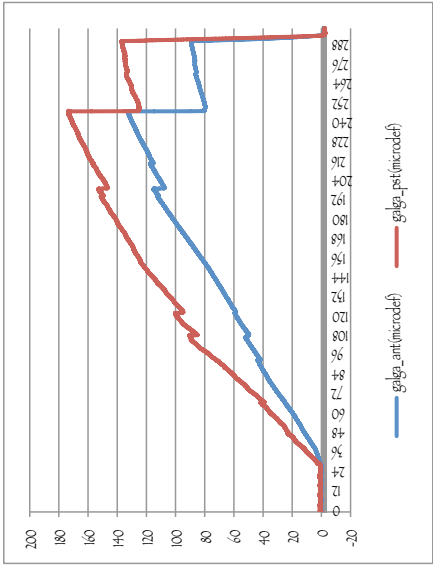
VIDEO DEL ENSAYO:

<https://www.youtube.com/watch?v=kf0jppbl.HI&feature=youtu.be>

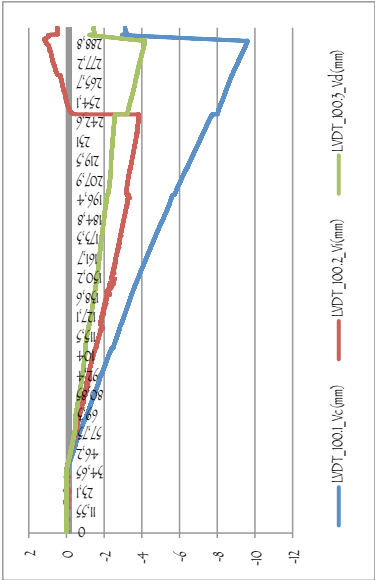
FUERZA (kN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACION BASTIDOR



DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

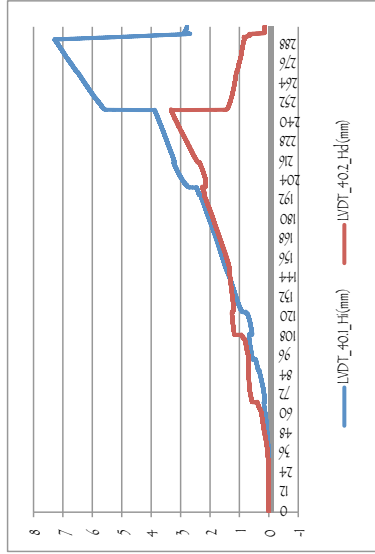


\* Criterio de signos:

Valores positivos: Despl. Ascendente

Valores negativos: Despl. Descendente

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

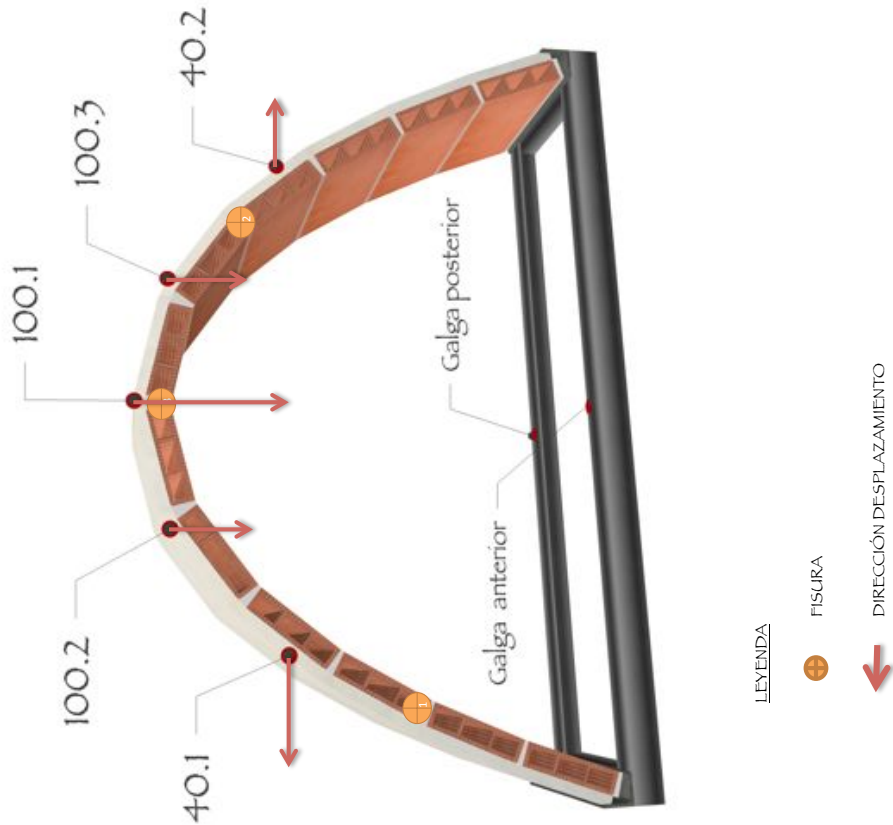


\* Criterio de signos:

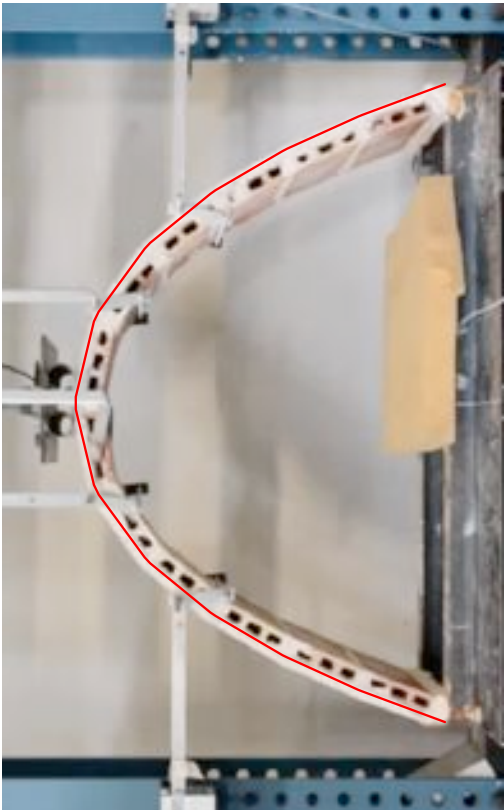
Valores positivos: Despl. hacia el exterior del arco

Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco

CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotograma obtenido del vídeo al finalizar el ensayo

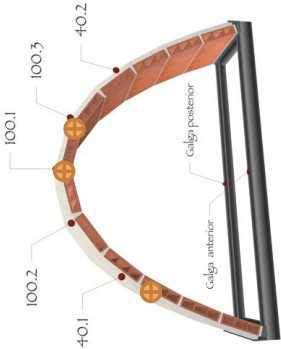
C1-BA2-RV3-BO8

|                  |                                  |                   |                 |
|------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|
| ID. BÓVEDA:      | BO8                              | Fecha Ejecución:  | 25/07/15        |
| ID. Cimbra:      | C1                               | ID. Bastidor:     | BA2             |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm.                         | Yeso:             | Iberplast. (VG) |
| Tipo recubrir:   | RV3 refuerzo con malla de 9x9 mm |                   |                 |
| Fecha de Ensayo: | 07/09/15                         | Velocidad Ensayo: | 2 mm·min.       |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |                           |                              |
|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| f <sub>td</sub>            | f <sub>t</sub> (kN) max.: | LVD1_100_LVc(mm) COMENTARIOS |
| 165,5                      | 4,582141                  | -3,85327 Carga máxima        |

| OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO                  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1ª FISURA:                                       | Entre los ladrillos L6-L7            |
| 2ª FISURA:                                       | Entre los ladrillos L5-L6            |
| 3ª FISURA:                                       | Fisura en el centro del ladrillo L10 |
| Al finalizar el ensayo el ladrillo L6 se ha roto |                                      |

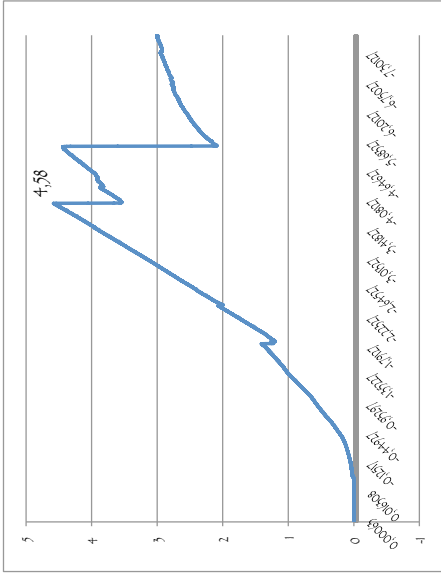
CROQUIS DE FISURAS



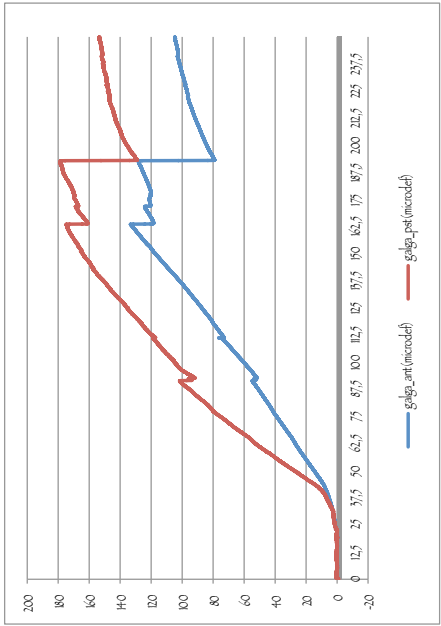
VIDEO DEL ENSAYO:

<https://www.youtube.com/watch?v=MMZA9xUSMwk>

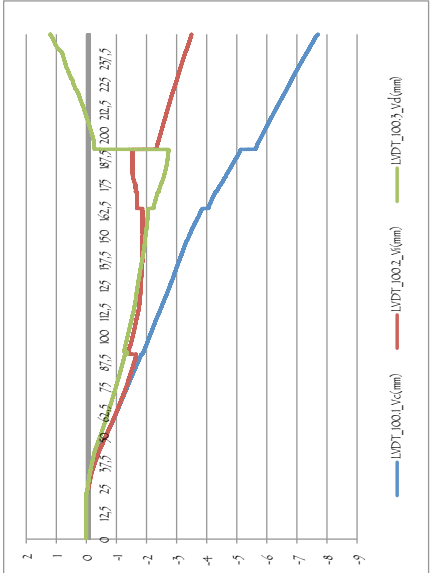
FUERZA (kN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACION BASTIDOR

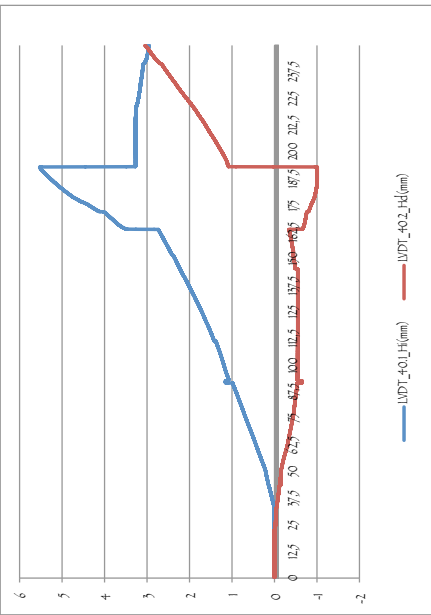


DESPLAZAMIENTOS VERTICALES



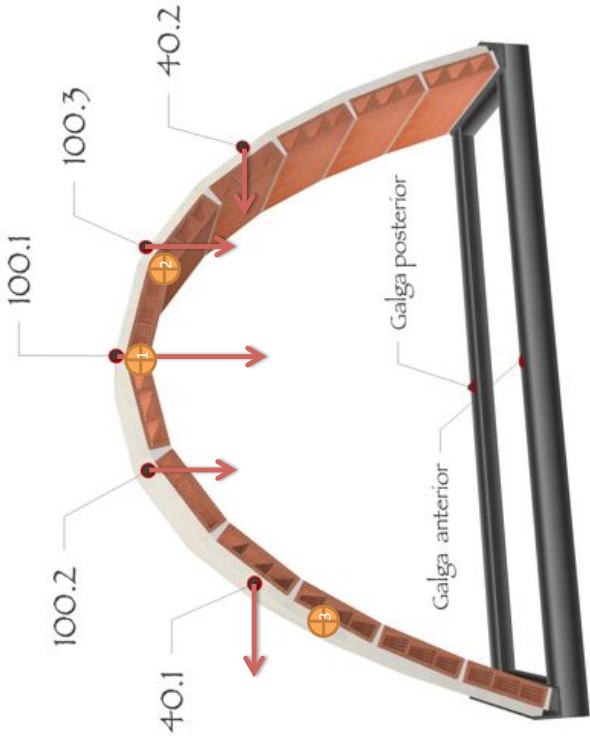
\* Criterio de signos:  
Valores positivos: Despl. Ascendente  
Valores negativos: Despl. Descendente

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

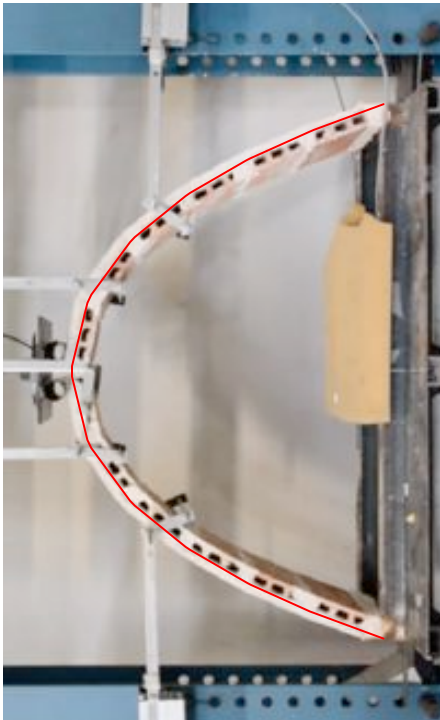


\* Criterio de signos:  
Valores positivos: Despl. hacia el exterior del arco  
Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco

CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotograma obtenido del video al finalizar el ensayo



\* Fotografía tomada tras el ensayo



\* Fotografía tomada durante el ensayo

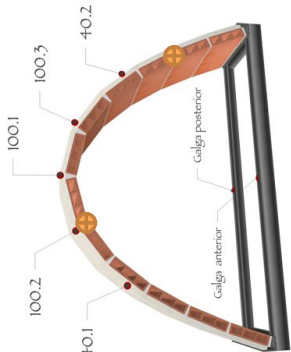
CH-BA3-RV4-BO9

|                  |  |                  |                 |
|------------------|--|------------------|-----------------|
| ID. BÓVEDA:      | BO9                                      | Fecha Ejecución: | 23/07/19        |
| ID. Cimbra:      | CI                                       | ID. Bastidor:    | BA3             |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm.                                 | Yeso:            | Iberplast. (VG) |
| Tipo recubi.:    | RV2: refuerzo fibras naturales (Esparto) |                  |                 |
| Fecha de Ensayo: | 08/09/19                                 | Velocidad Ensayo | 2 mm · min.     |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |              |                   |
|----------------------------|--------------|-------------------|
| t(s)                       | F (kN) max.: | LVDT_100.1_Vc(mm) |
| 184,7                      | 2,354754     | -5,38865          |
| Carga máxima               |              |                   |

| OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO  |                           |  |
|--|---------------------------|--|
| 1ª FISURA:   | Entre los ladrillos L7-L8 |  |
| 2ª FISURA:   | Entre los ladrillos L2-L3 |  |
| * el LVDT 100.2 ha llegado a comprimirse al máximo, en los datos finales tendremos varios valores iguales. |                           |  |

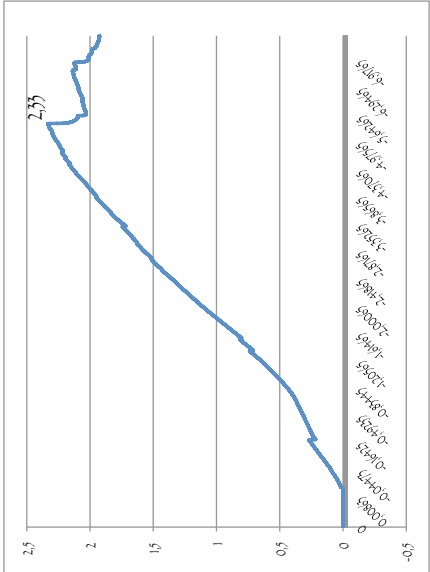
CROQUIS DE FISURAS



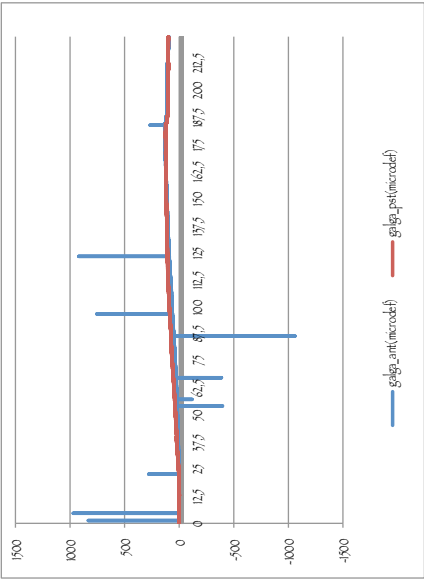
VIDEO DEL ENSAYO:

<https://www.youtube.com/watch?v=Ja8PUYQVh4>

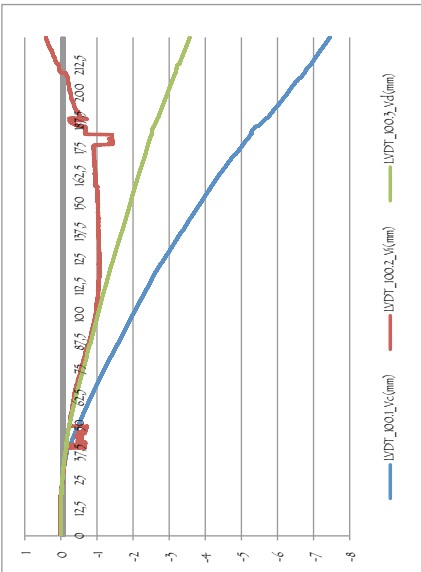
FUERZA (KN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACION BASTIDOR

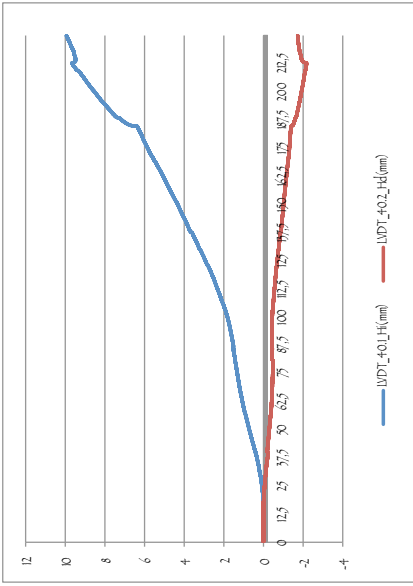


DESPLAZAMIENTOS VERTICALES



\* Criterio de signos:  
Valores positivos: Despl. Ascendente  
Valores negativos: Despl. Descendente

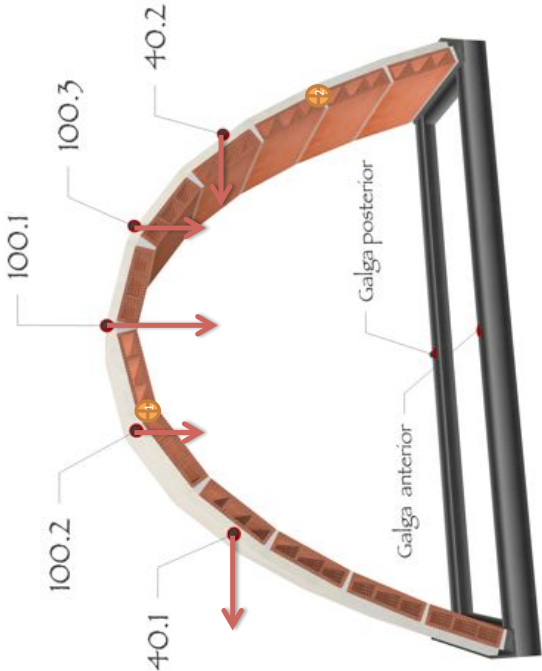
DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES



\* Criterio de signos:  
Valores positivos: Despl. hacia el exterior del arco  
Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco



CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



LEYENDA

- + FISURA
- DIRECCIÓN DESPLAZAMIENTO



\* Fotografía: Esparto

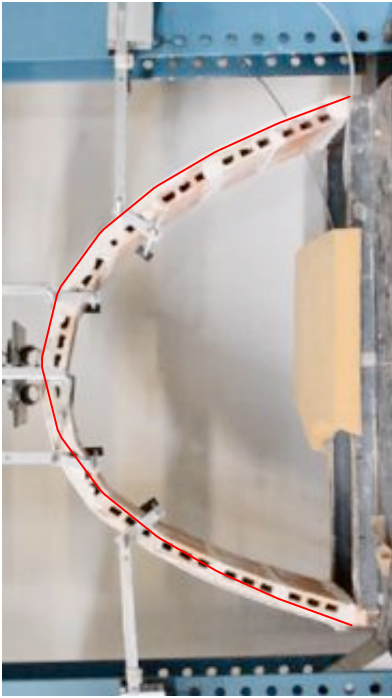


\* Fotografía: Colocación esparto



\* Fotografía: Kesxt. Final yeso

SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotograma obtenido del vídeo al finalizar el ensayo



CI-BA4-RY4-BO10

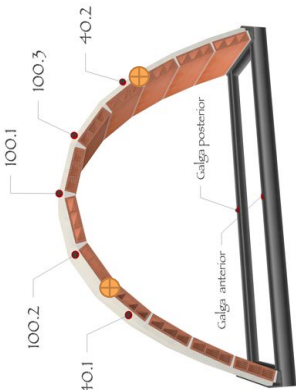
|                  |  |                  |                  |
|------------------|--|------------------|------------------|
| ID. BÓVEDA:      | BO10   | Fecha Ejecución: | 24/07/15         |
| ID. Cimbra:      | CI   | ID. Bastidor:    | BA1              |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm.                                     | Yeso:            | iberplast. (YCI) |
| Tipo recubri-:   | RY4: refuerzo con fibras naturales (esparto) |                  |                  |
| Fecha de Ensayo: | 08/09/15                                     | Velocidad Ensayo | 2 mm · min.      |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |              |                   |              |
|----------------------------|--------------|-------------------|--------------|
| t(s)                       | F (kN) max.: | γDT_100.1_Vc (mm) | COMENTARIOS  |
| 145,4                      | 2,647507     | -3,854            | Carga máxima |

OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO

- 1ª FISURA: Entre los ladrillos L3-L4
- 2ª FISURA: Entre los ladrillos L8-L9
- EL LVDT 100.1 SE HA SOLTADO CUANDO EL ARCO YA HABIA SUFRIDO UNA CARGA DE 100 KG (APROX). HEMOS PARADO EL ENSAYO PARA COLOCAR DE NUEVO EL LVDT

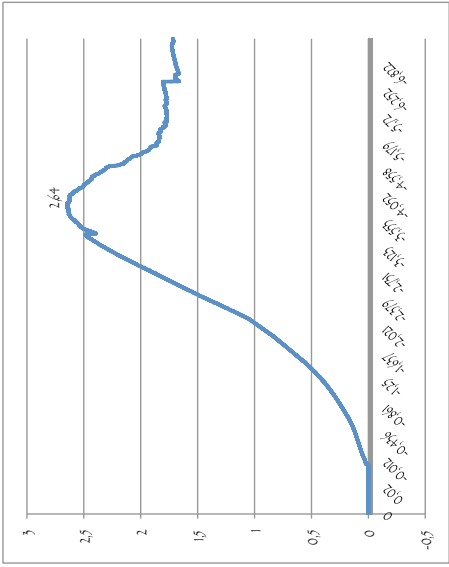
CROQUIS DE FISURAS



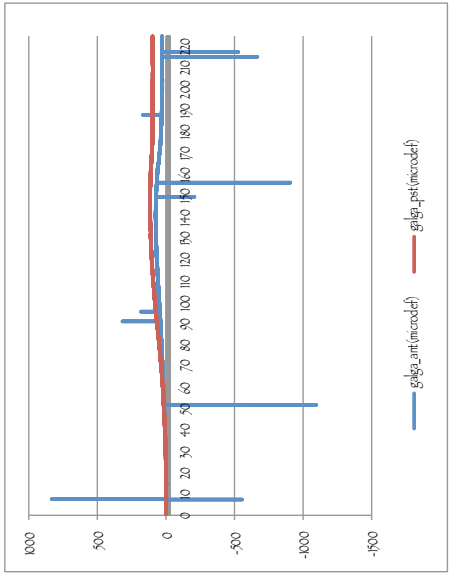
VIDEO DEL ENSAYO:

<https://www.youtube.com/watch?v=CiFJSVp8beU>

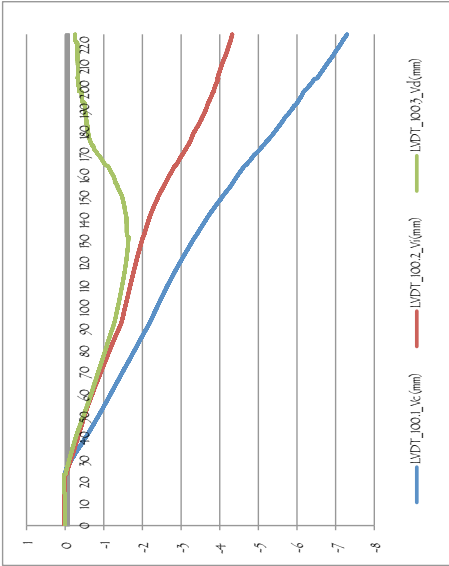
FUERZA (KN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACION BASTIDOR

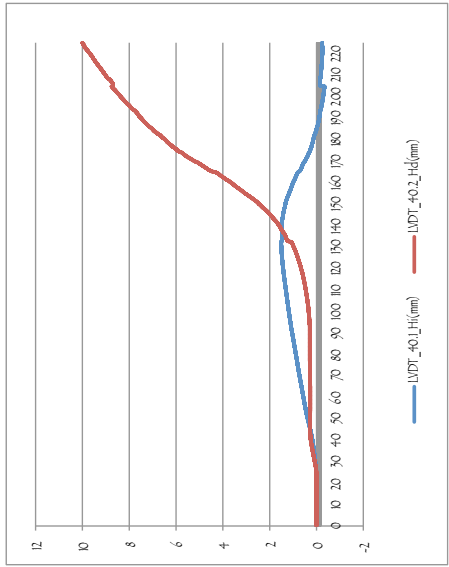


DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

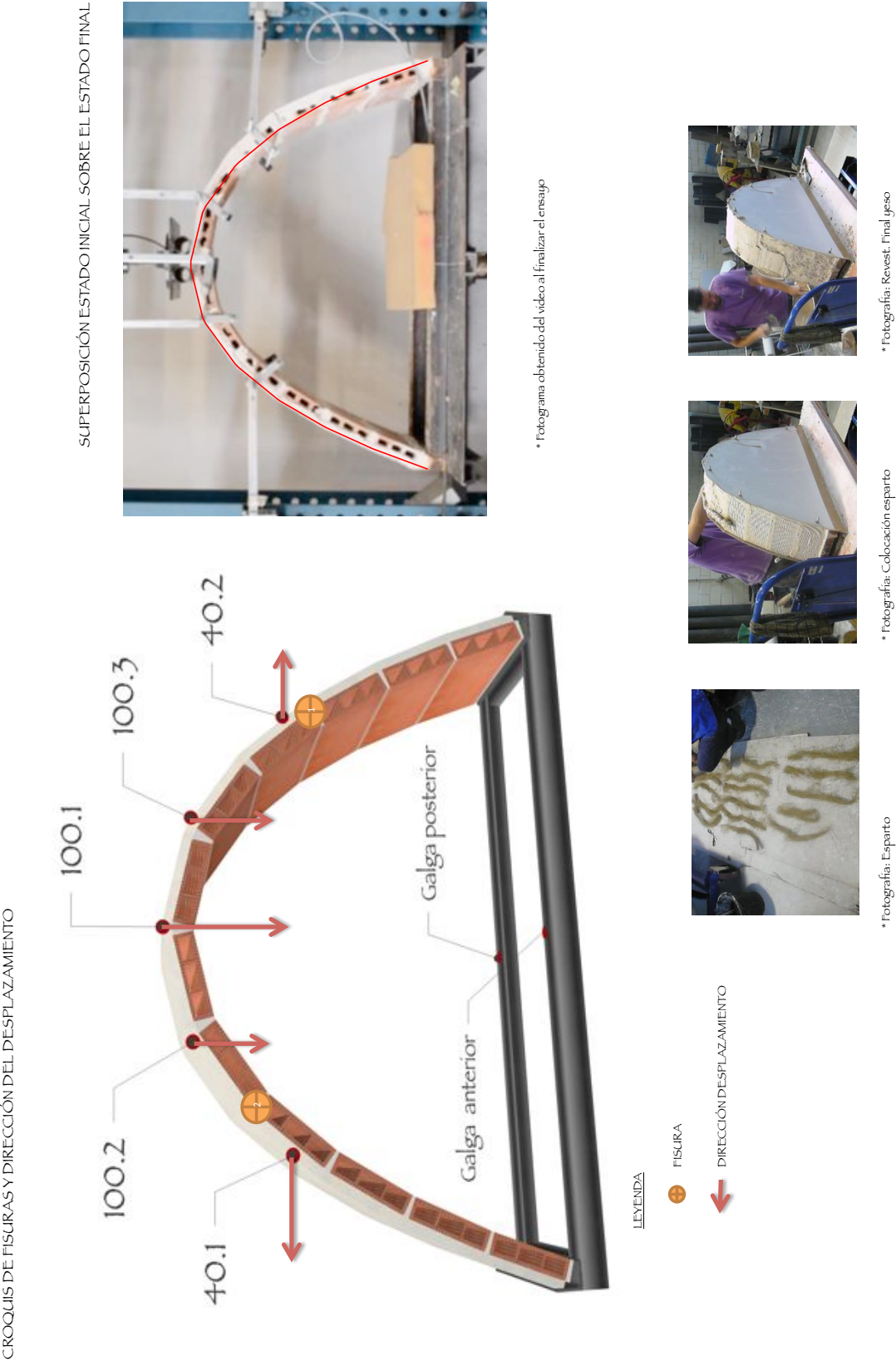


\* Criterio de signos:  
Valores positivos: Despl. Ascendente  
Valores negativos: Despl. Descendente

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES



\* Criterio de signos:  
Valores positivos: Despl. hacia el exterior del arco  
Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco



C1-BA3-RY2-BO11

|                  |                            |                  |                 |
|------------------|----------------------------|------------------|-----------------|
| ID. BÓVEDA:      | BO11                       | Fecha Ejecución: | 24/07/15        |
| ID. Cimbra:      | C1                         | ID. Bastidor:    | BA3             |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm.                   | Yeso:            | Iberplast. (VC) |
| Tipo recubri.:   | Ry2, refuerzo malla 4x4 mm |                  |                 |
| Fecha de Ensayo: | 23/10/15                   | Velocidad Ensayo | 2 mm ·min.      |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |         |                   |
|----------------------------|---------|-------------------|
| t(s)                       | F (kN)  | · VDT_1001_Vc(mm) |
| 296,7                      | 5,43602 | -9,6912           |
|                            |         | Carga máxima      |

OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO

Al iniciar le ensayo la máquina se ha parado con una carga de 2,02 kN.

Después hemos reiniciado el ensayo de nuevo.

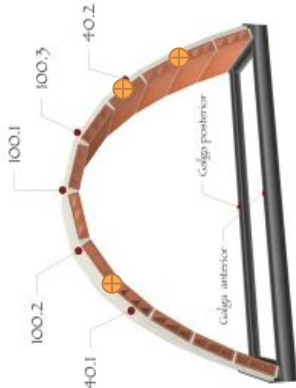
El LVDT 40.2 no ha registrado ningún dato.

1ª FISURA: Entre los ladrillos L8 -L9

2ª FISURA: Entre los ladrillos L2-L3

2ª FISURA: Sobre el ladrillo 4

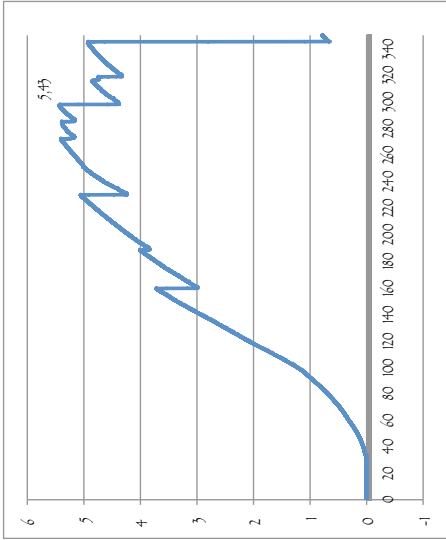
CROQUIS DE FISURAS



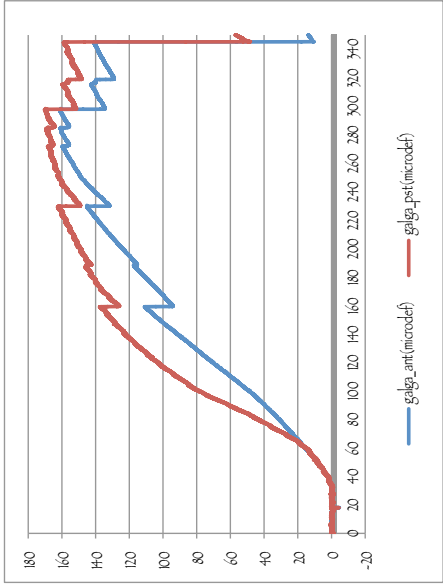
VIDEO DEL ENSAYO:

<https://youtu.be/gj5ENVpRWfW>

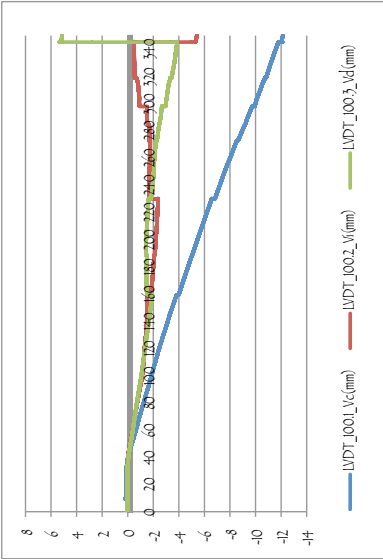
FUERZA (kN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACION BASTIDOR

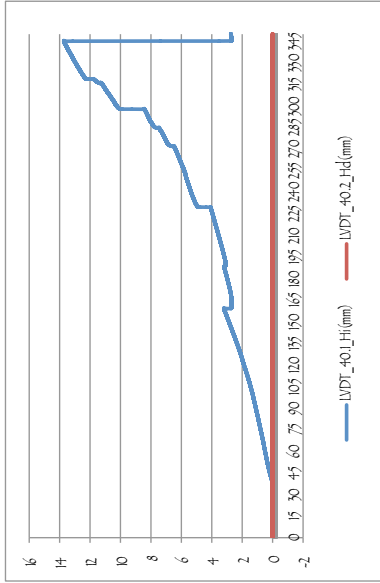


DESPLAZAMIENTOS VERTICALES



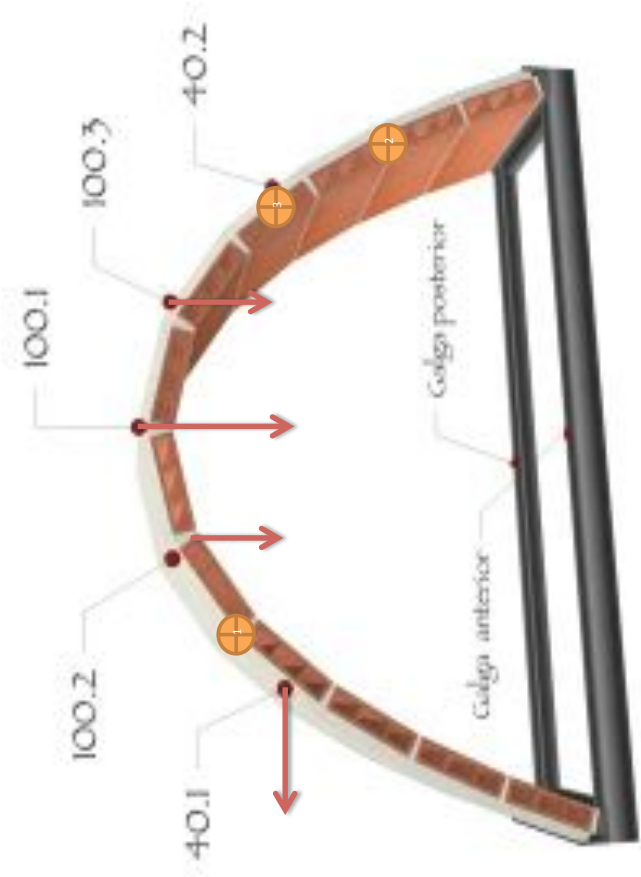
\* Criterio de signos:  
 Valores positivos : Despl. Ascendente  
 Valores negativos: Despl. Descendente

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES



\* Criterio de signos:  
 Valores positivos : Despl. hacia exterior del arco  
 Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco

CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



LEYENDA

- FISURA
- ➡ DIRECCIÓN DESPLAZAMIENTO

SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotografía obtenido del video al finalizar el ensayo



\* Fotografía: fisura L+4



\* Fotografía: rotura L6



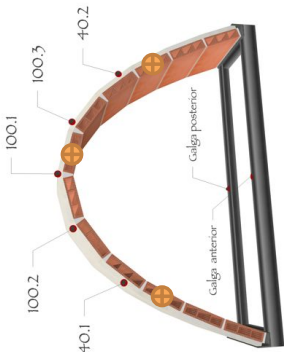
\* Fotografía: Rotura L6

|                  |                                   |                   |                 |  |
|------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|--|
| CI-BA6-RY3-BO12  |                                   |                   |                 |  |
| ID. BÓVEDA:      | BO12                              | Fecha Ejecución:  | 24/07/15        |  |
| ID. Cimbra:      | CI                                | ID. Bastidor:     | BA 6            |  |
| Tipo ladrillo:   | 11,5 cm.                          | Yeso:             | Iberplast. (YG) |  |
| Tipo recubri:    | RY3: refuerzo con malla de 9x9 mm |                   |                 |  |
| Fecha de Ensayo: | 23/10/15                          | Velocidad Ensayo: | 2 mm. min.      |  |

| VALORES MAS SIGNIFICATIVOS |             |                  |
|----------------------------|-------------|------------------|
| t(g)                       | F (kN) máx. | LVDI_1001_Vc(mm) |
| 228,4                      | 4,390674    | -6,65142         |
| Carga máxima               |             |                  |

| OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO |  |
|---------------------------------|--|
| Ladrillo:                       | EL LADRILLO 3 PRESENTA UNA FISURA EN EL INTRADÓS |
| Yeso:                           | EN LA JUNTA "CLAVE", L6-L7 SE OBSERVA UNA FISURA |
| 1ª FISURA:                      | LADRILLO 3, APARECE EN EL CENTRO DEL LADRILLO    |
| 2ª FISURA:                      | LADRILLO 10, APARECE EN EL CENTRO DEL LADRILLO   |
| 2ª FISURA:                      | LADRILLO 6, APARECE EN EL CENTRO DEL LADRILLO    |

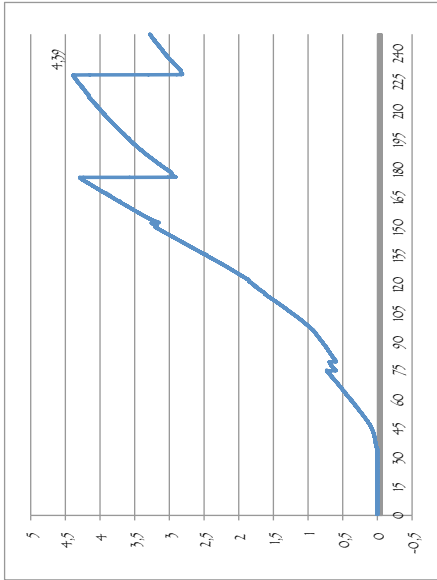
CROQUIS DE FISURAS



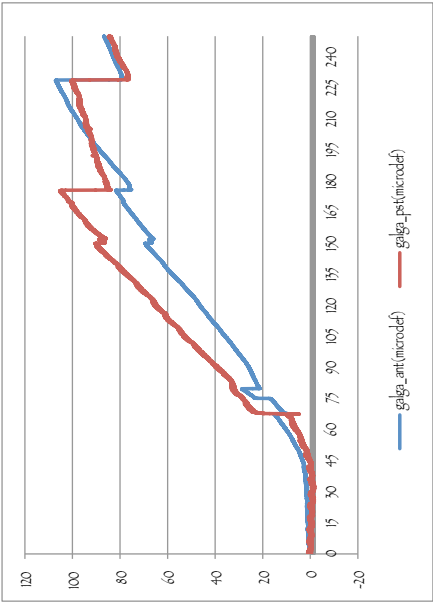
VIDEO DEL ENSAYO:

<https://youtu.be/o5zFNkK8dY4>

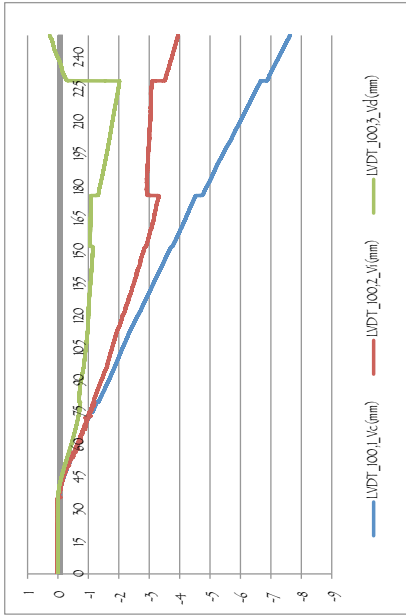
FUERZA (kN) VS DESPL. CENTRO (mm)



MICRODEFORMACION BASTIDOR



DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

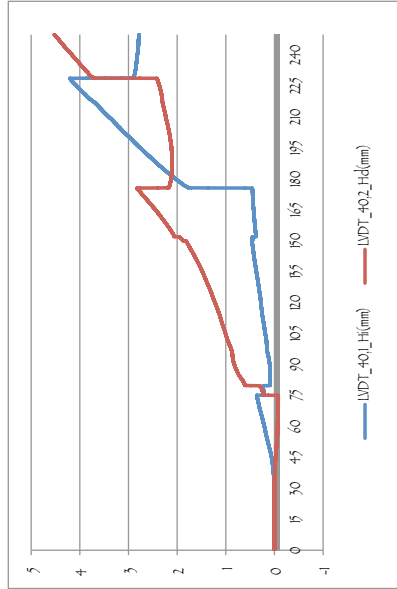


\* Criterio de signos:

Valores positivos: Despl. Ascendente

Valores negativos: Despl. Descendente

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

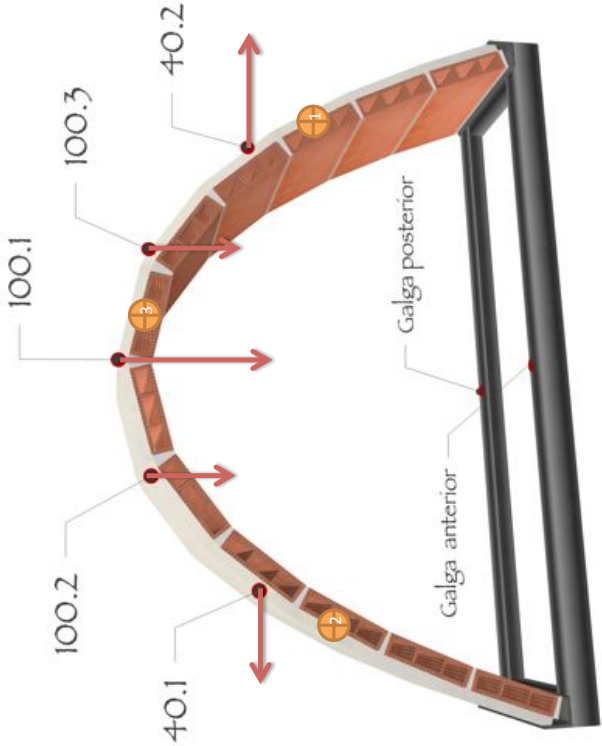


\* Criterio de signos:

Valores positivos: Despl. hacia el exterior del arco

Valores negativos: Despl. hacia el interior del arco

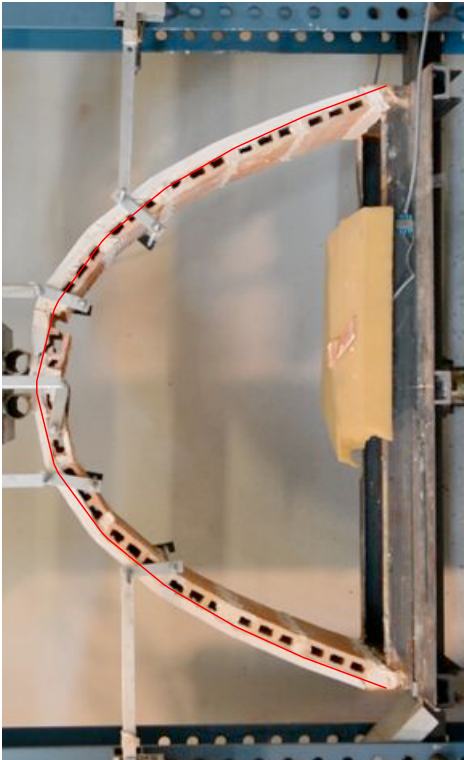
CROQUIS DE FISURAS Y DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO



LEYENDA

- FISURA
- DIRECCIÓN DESPLAZAMIENTO

SUPERPOSICIÓN ESTADO INICIAL SOBRE EL ESTADO FINAL



\* Fotograma obtenido del vídeo al finalizar el ensayo

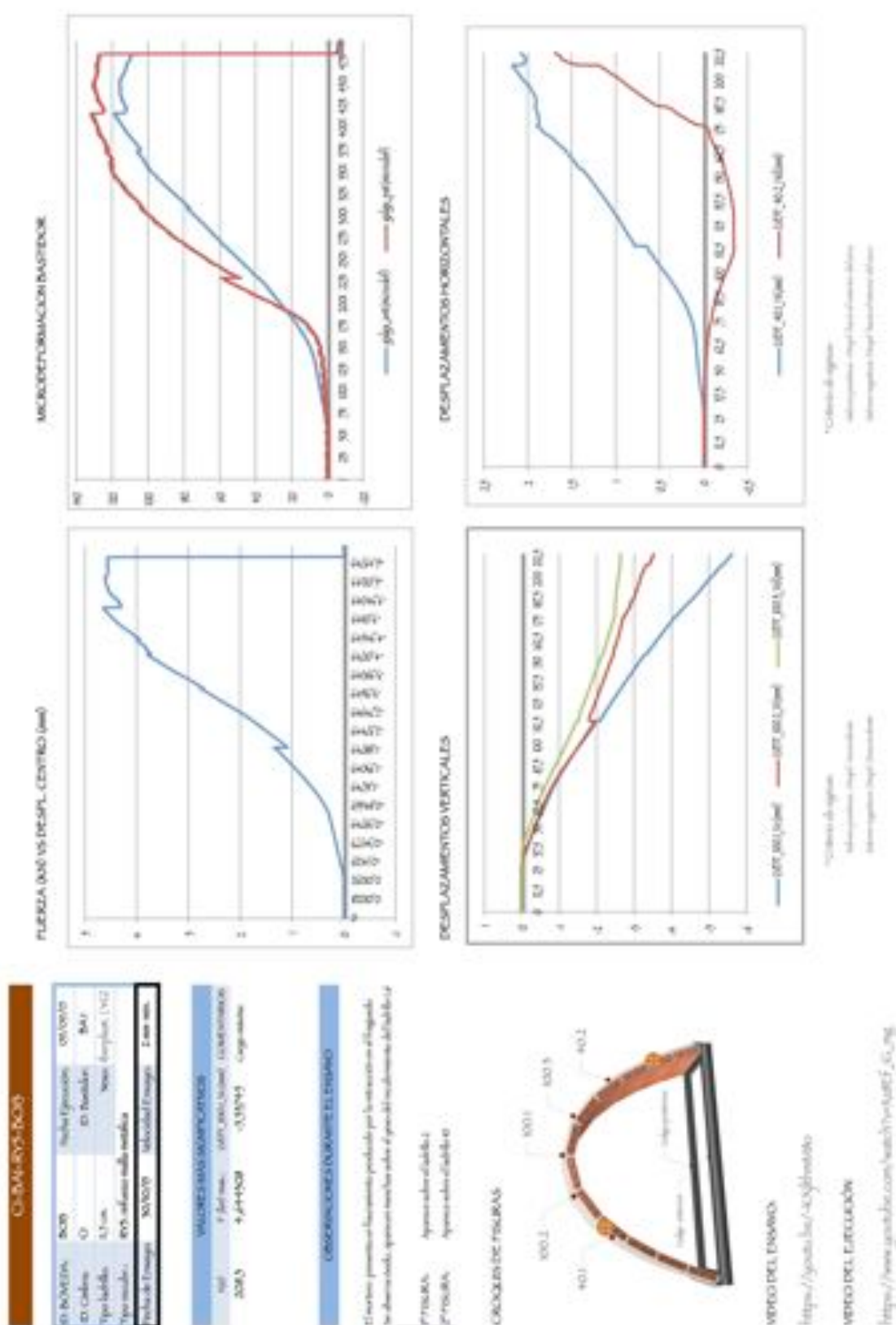


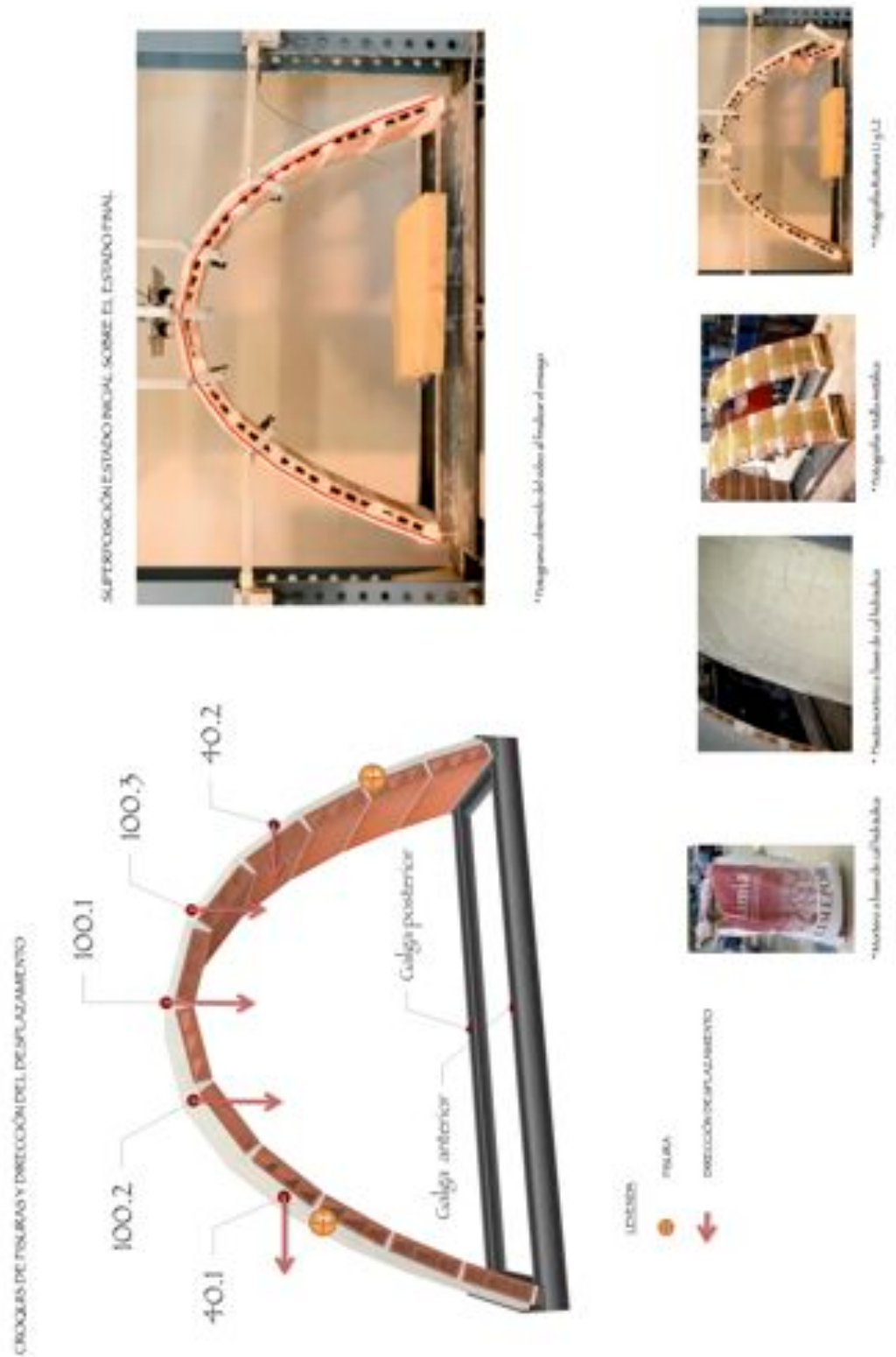
\* Fotografía: Fisura L10



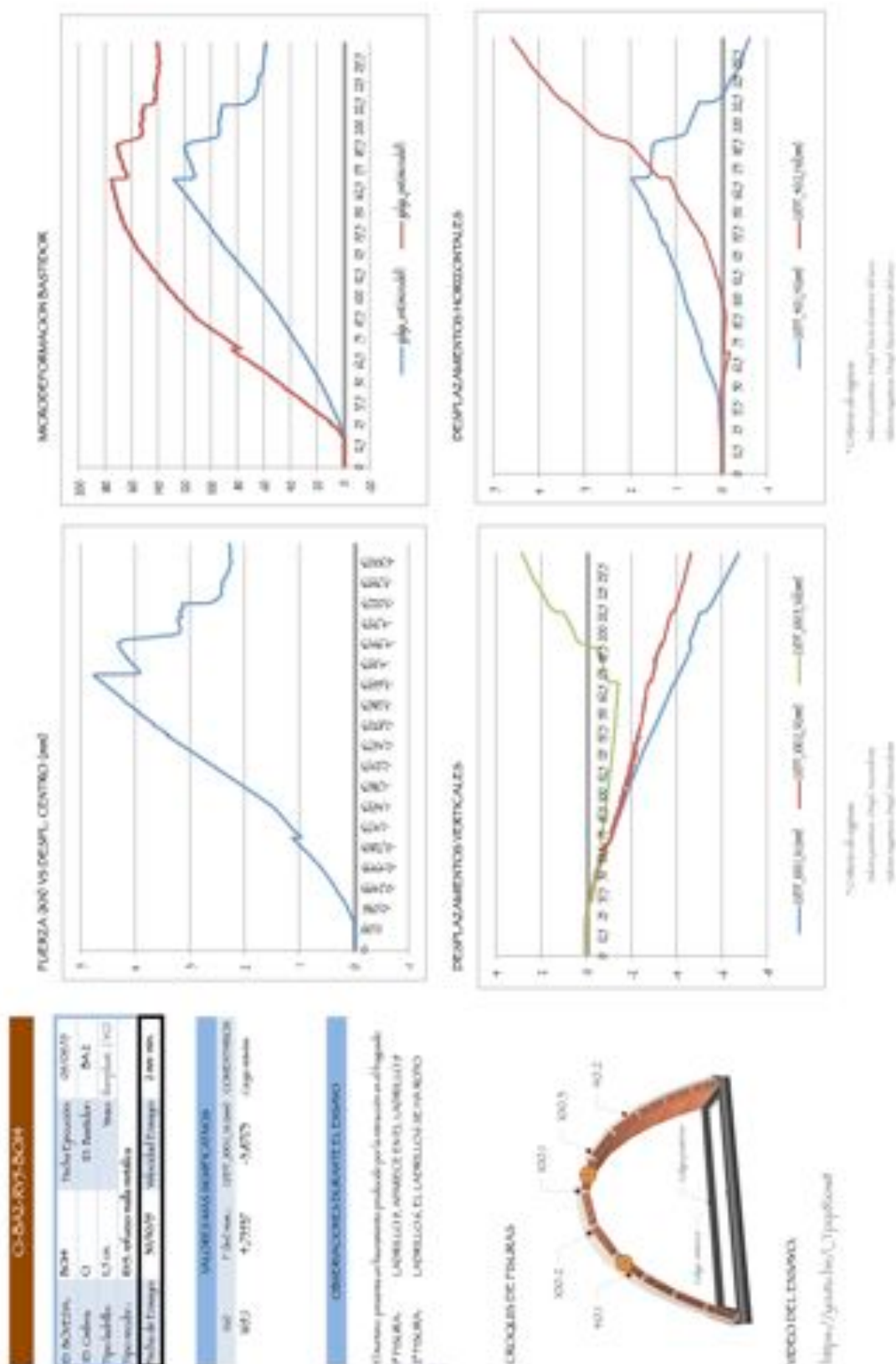
\* Fotografía: Rotura L6

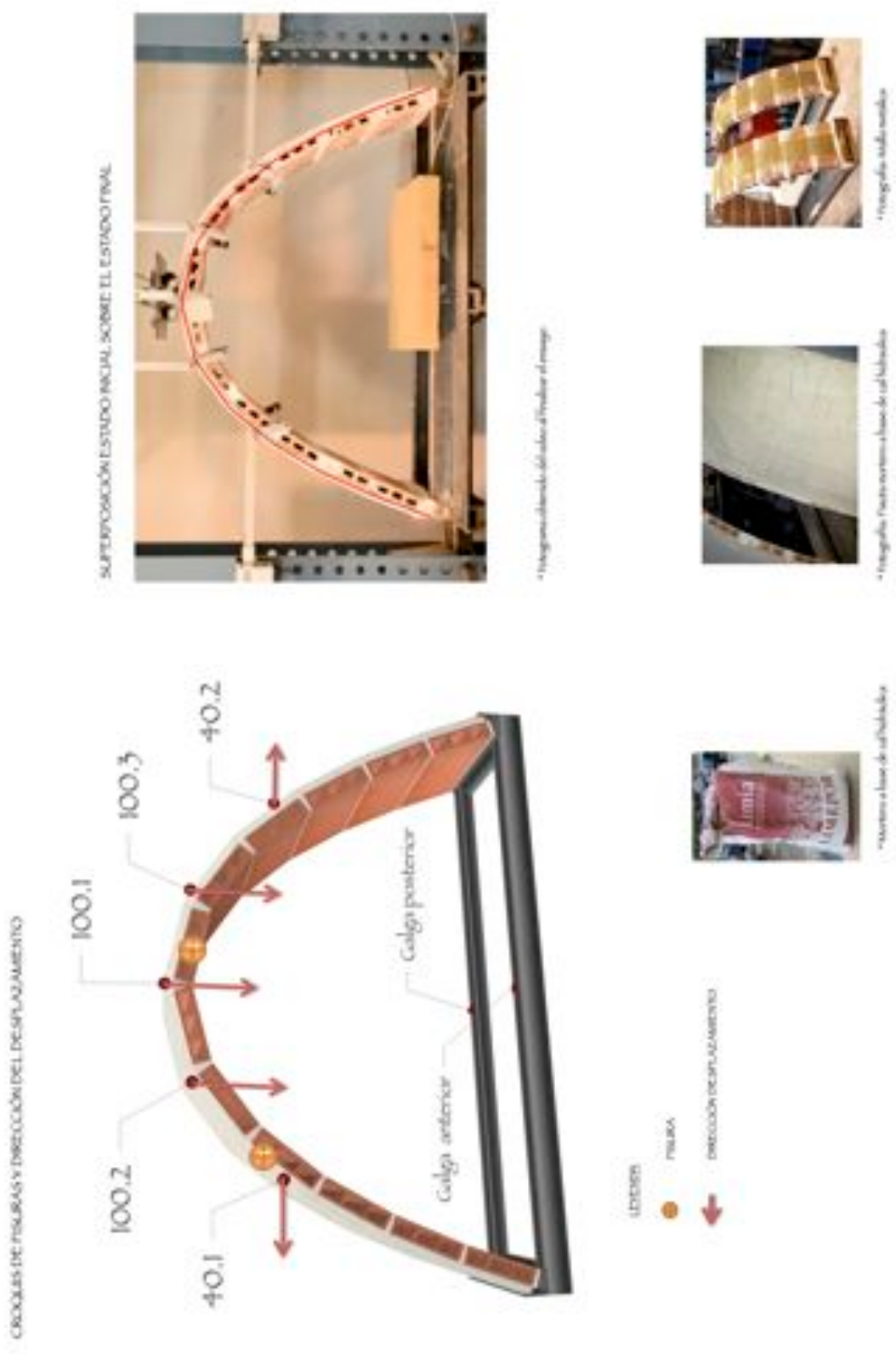


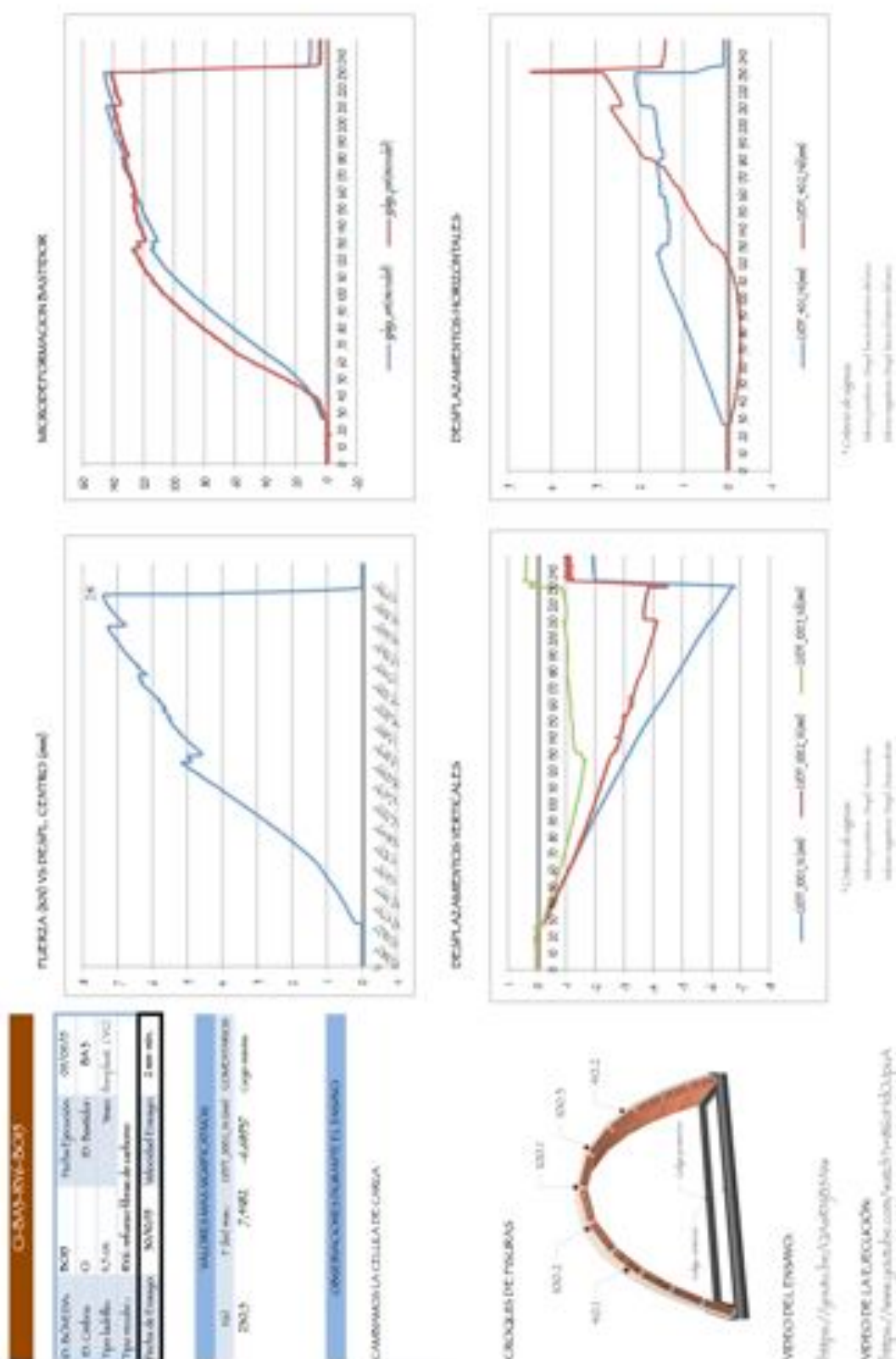


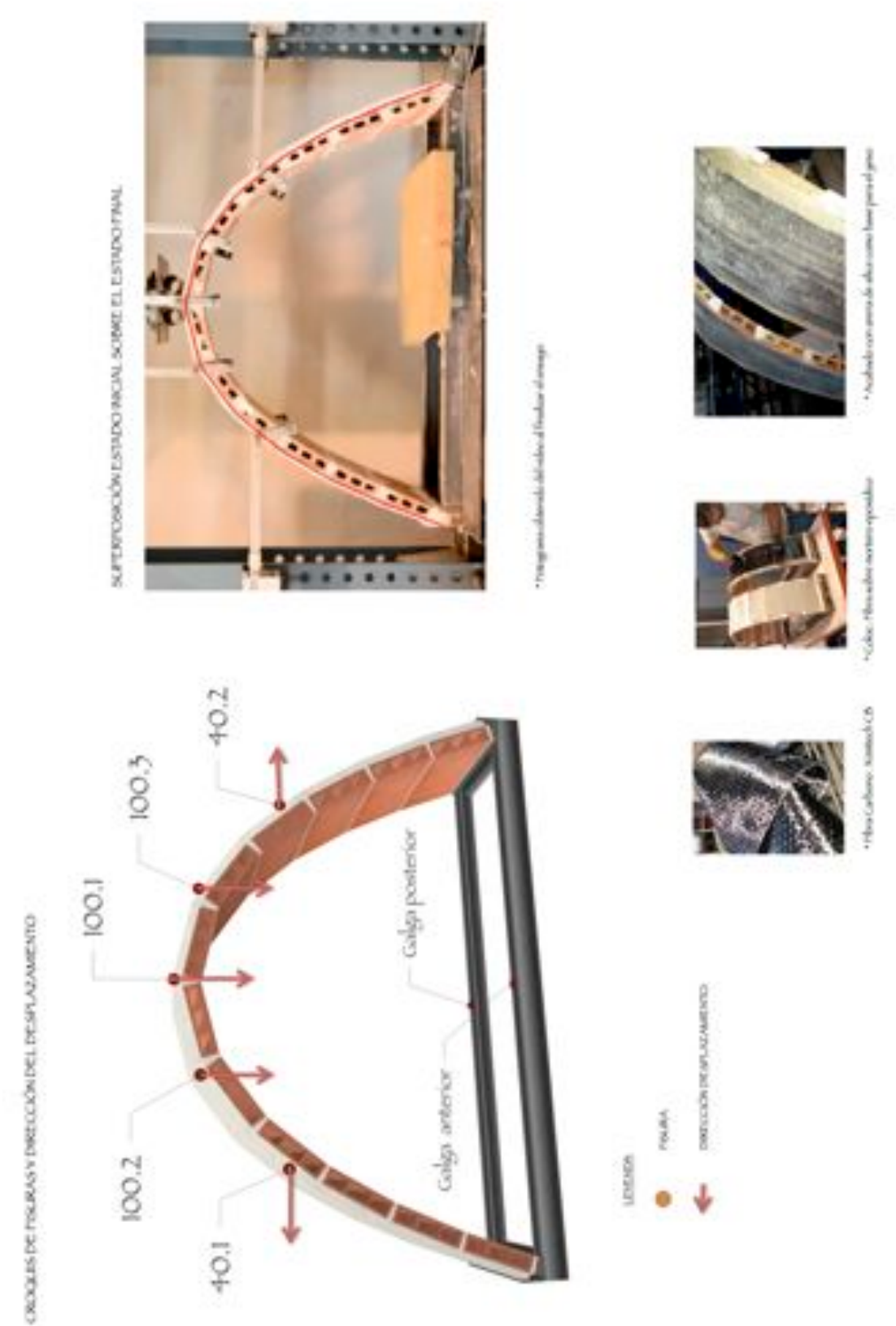


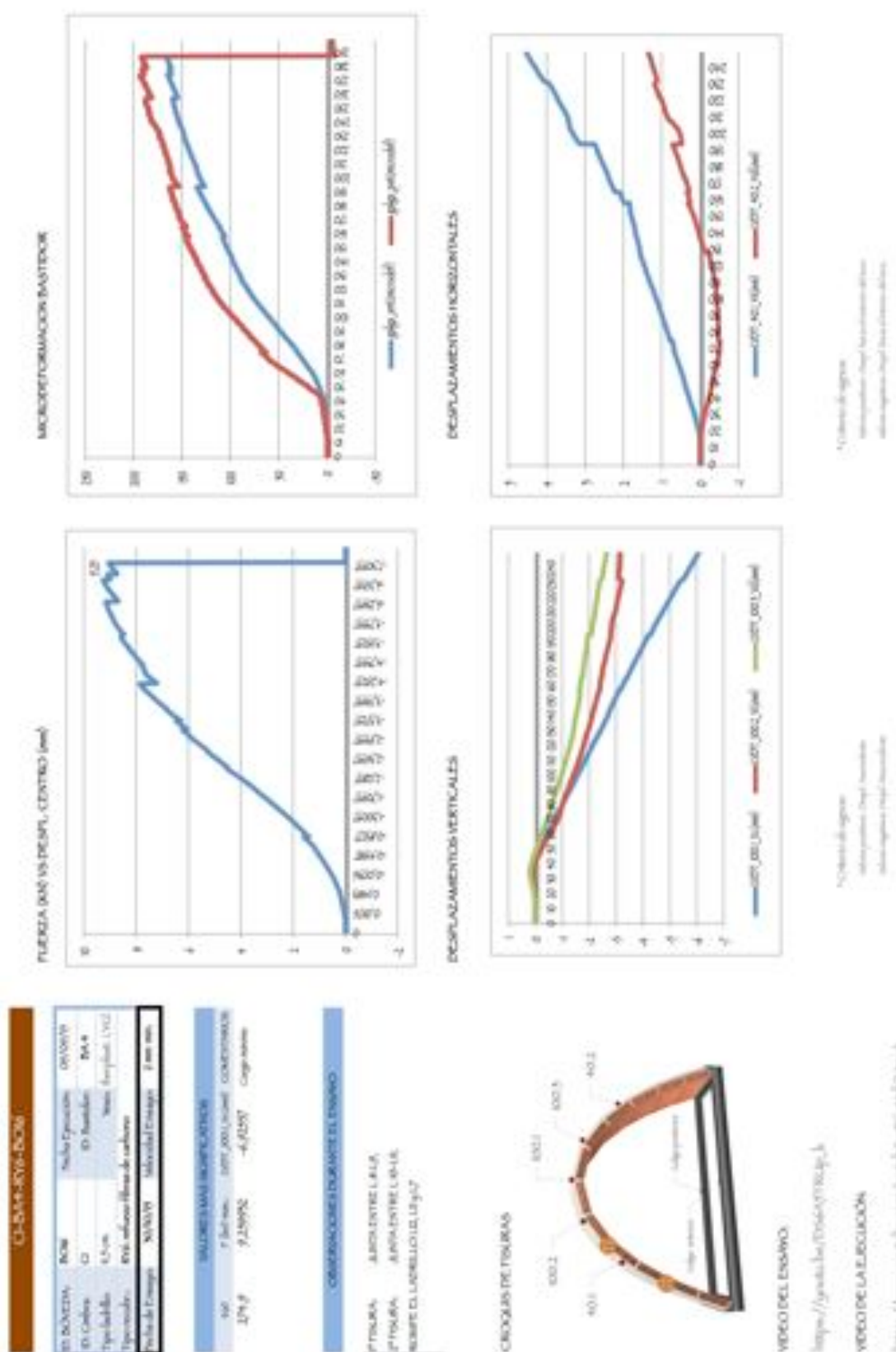




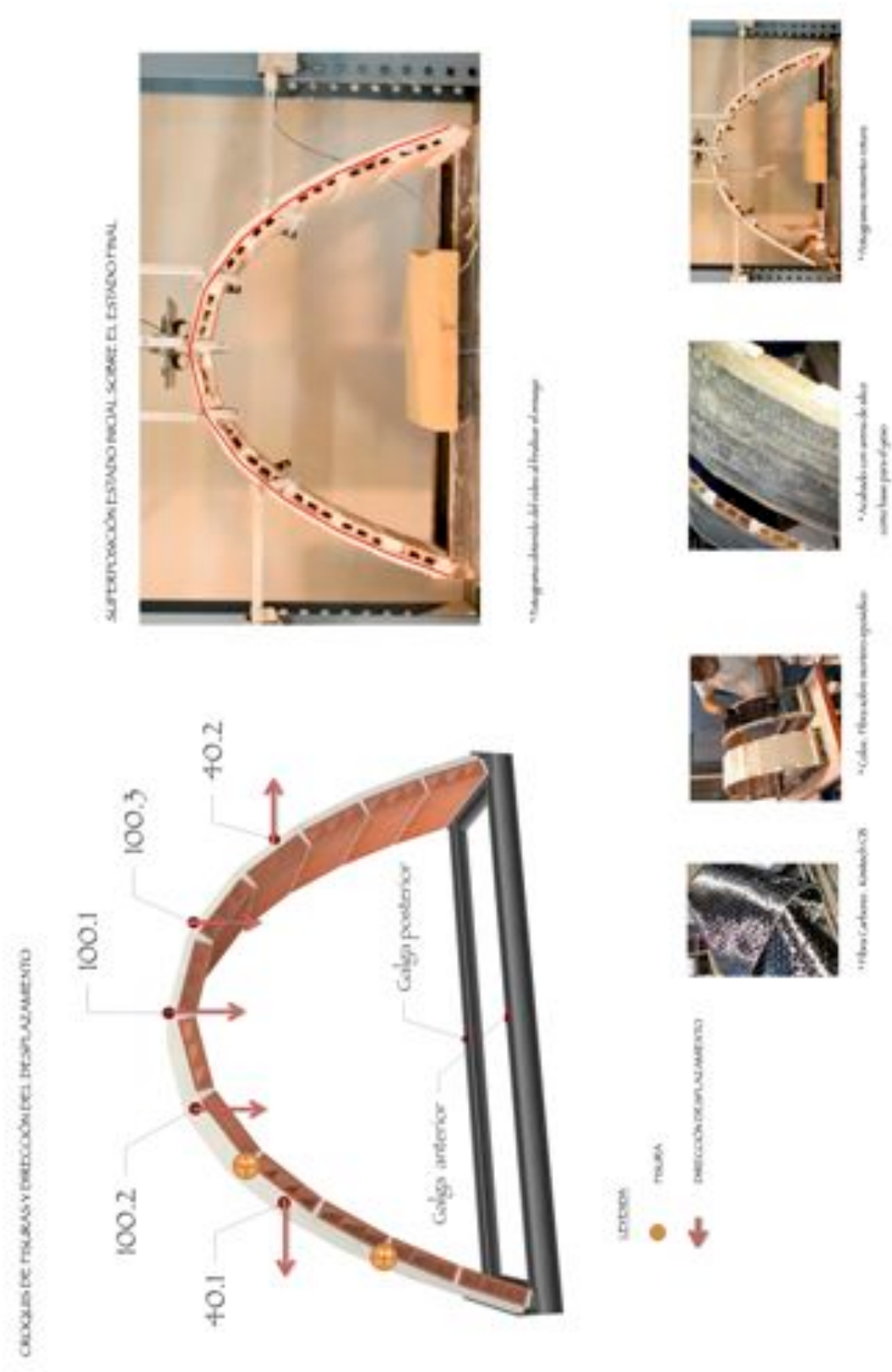










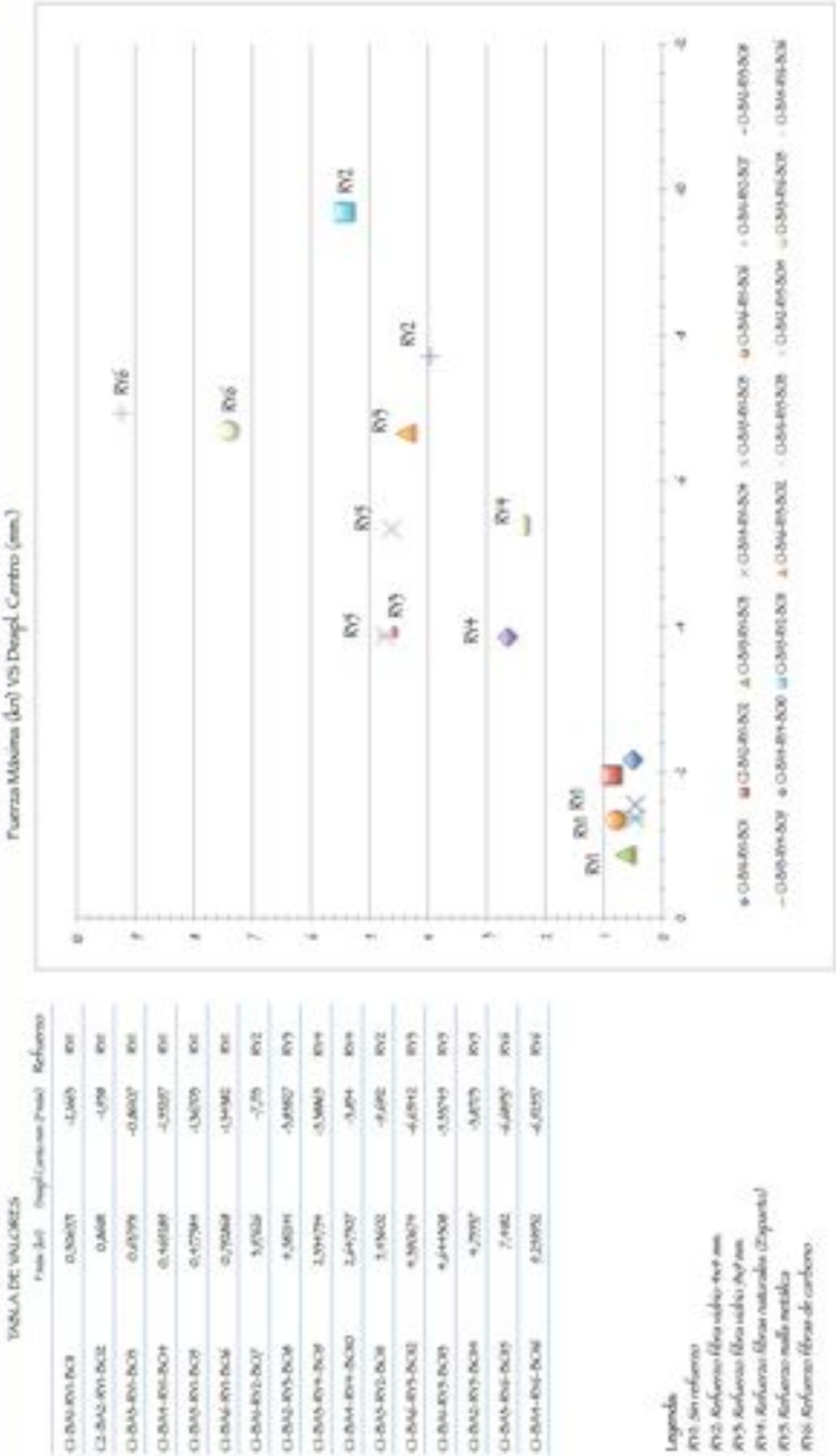


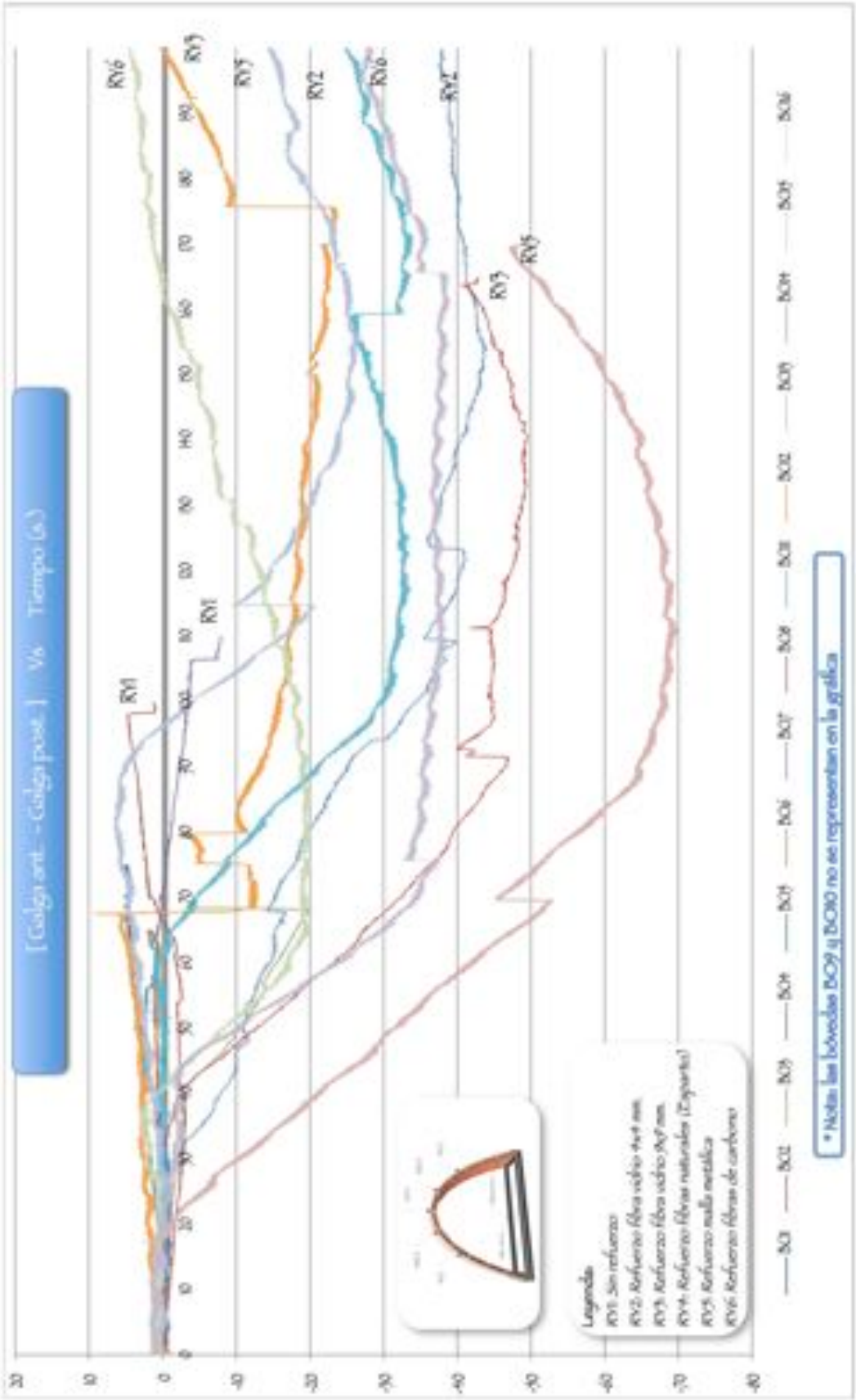
## 8.2 Gráficas comparativas

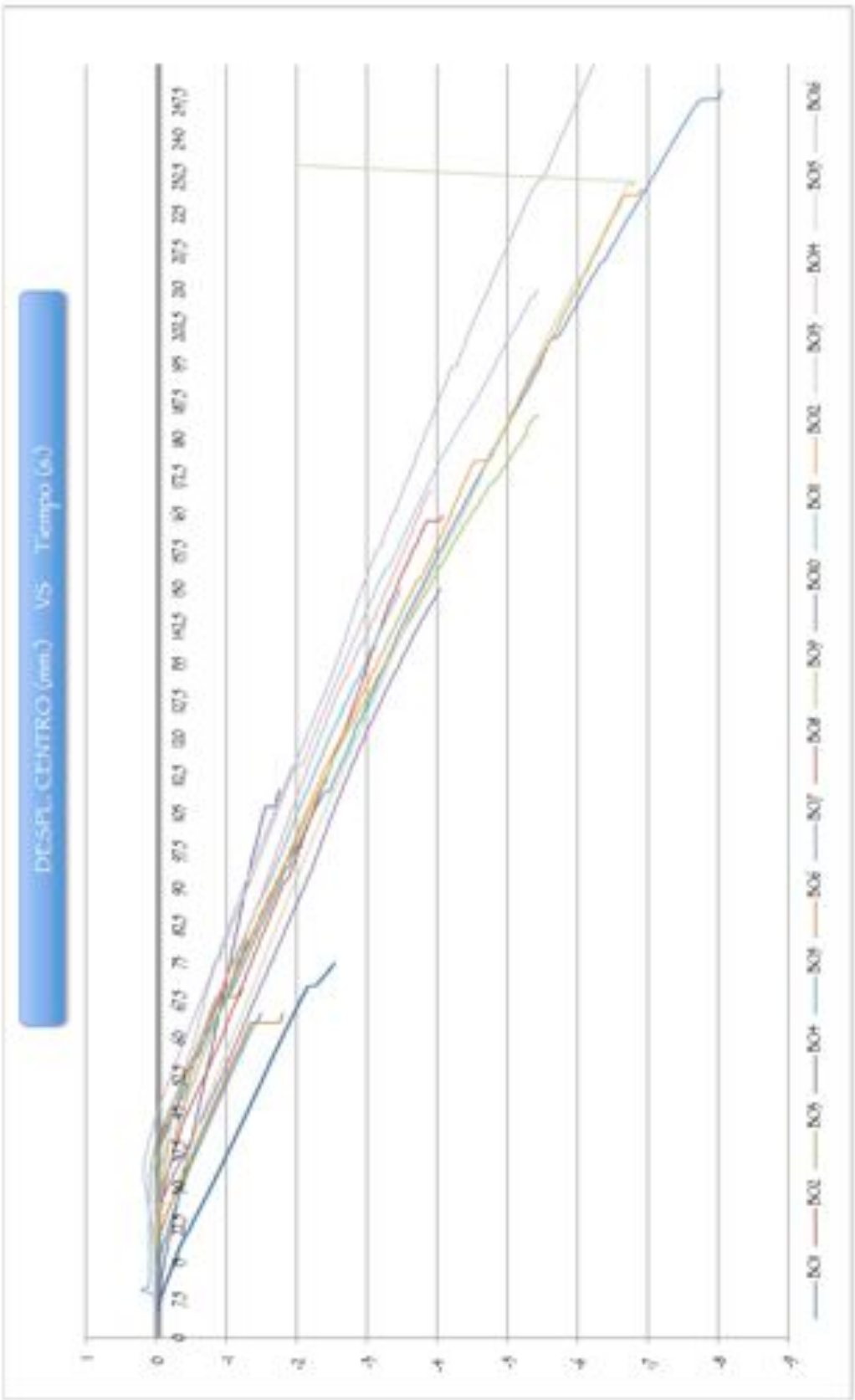


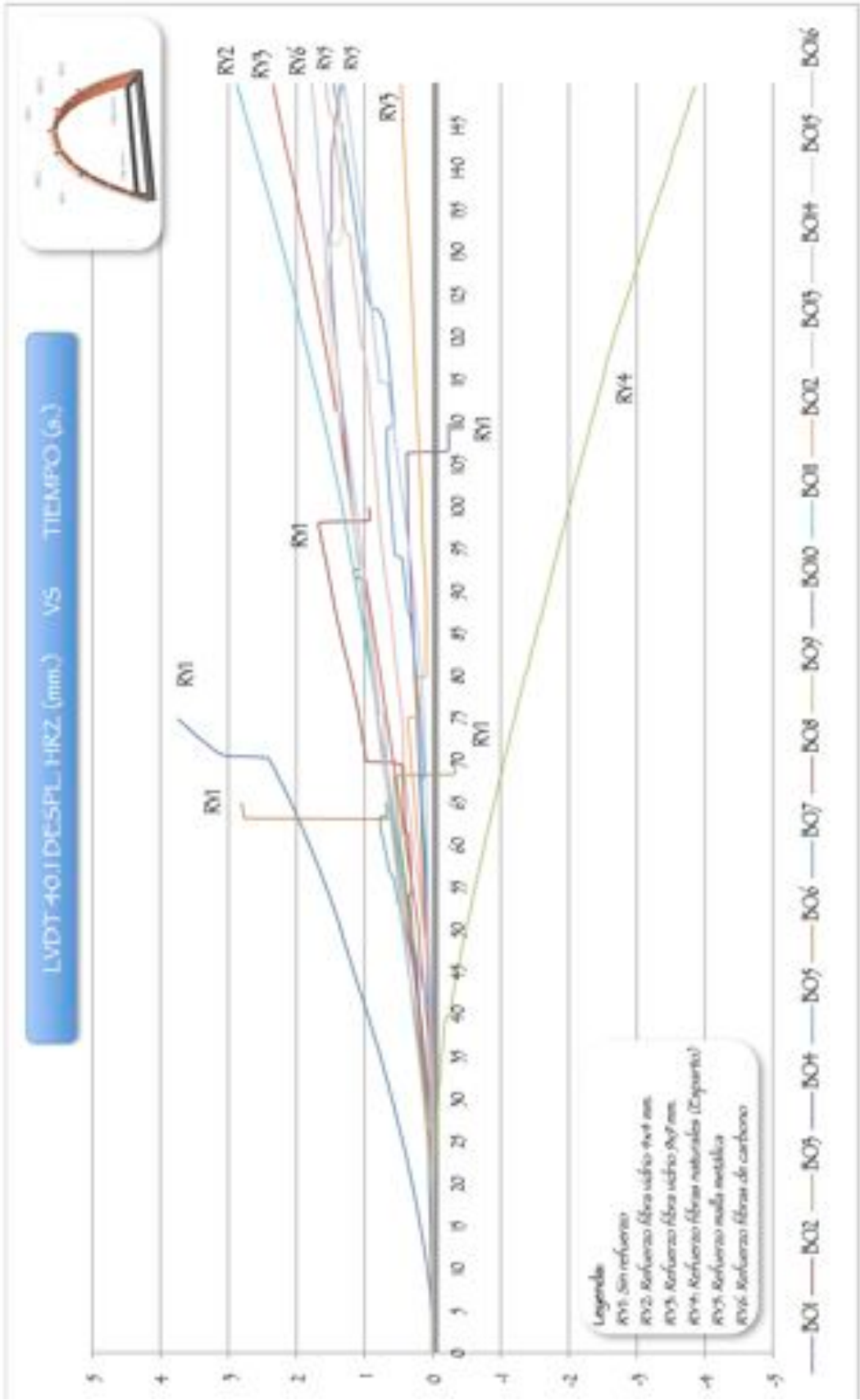


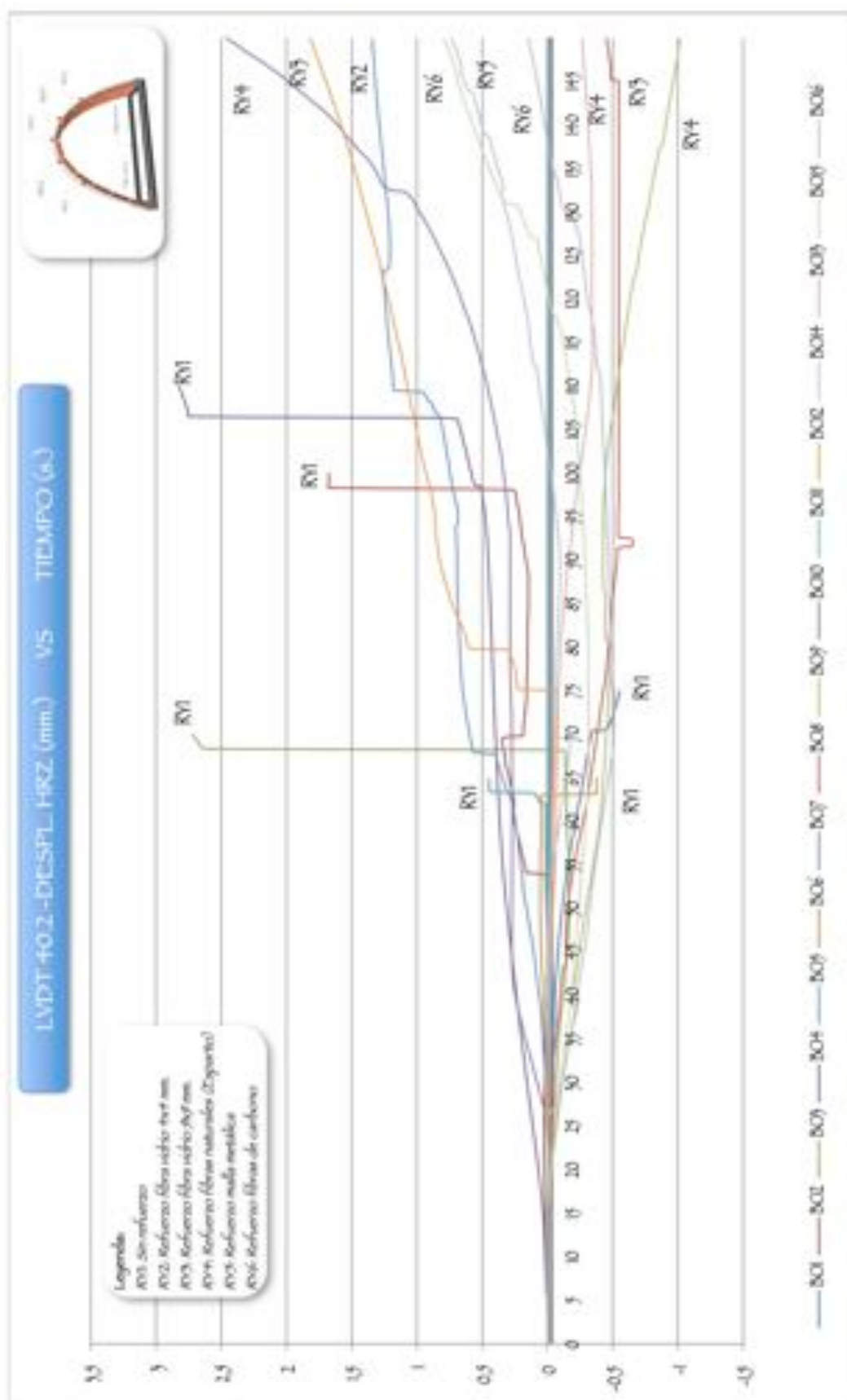
GRÁFICAS COMPARATIVAS











## 9. CONCLUSIONES.

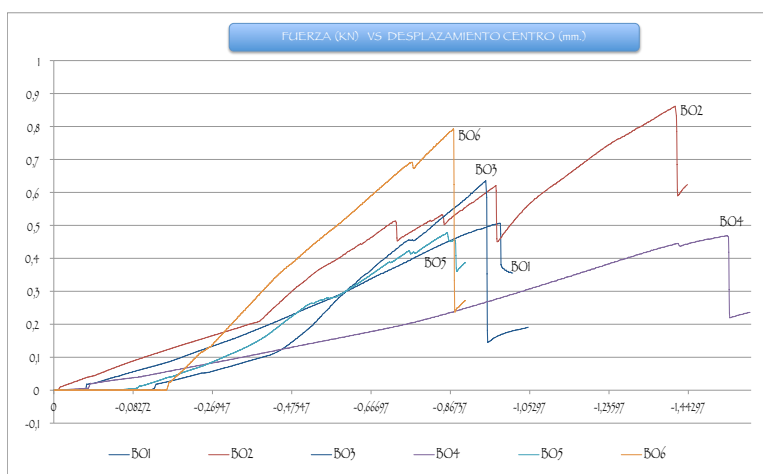
Durante el desarrollo del proyecto se evalúan, mediante ensayos experimentales, 16 bóvedas de idéntica geometría, a una vuelta, ejecutadas con ladrillo cerámico hueco colocado a panderete y tomados con yeso rápido. Para la ejecución material de los especímenes a escala de laboratorio se ha prestado especial atención en describir un procedimiento a seguir tanto para la ejecución de las bóvedas (amasado del yeso, colocación de ladrillos y ejecución de los refuerzos), como para el sistema empleado en la adquisición de los datos.

La campaña de ensayos la diferenciamos en dos tandas. Una primera tanda de bóvedas se ejecutan sin ningún tipo de refuerzos, es decir estas bóvedas están compuestas por un revestimiento continuo de yeso en el extradós de aproximadamente 1 cm de espesor. La segunda tanda de ensayos se ejecuta aplicando en el interior del recubrimiento diferentes refuerzos de uso generalizado en la construcción de hoy en día.

En la siguiente tabla se especifica el código empleado para la identificación de las bóvedas y el refuerzo empleado para su posterior evaluación.

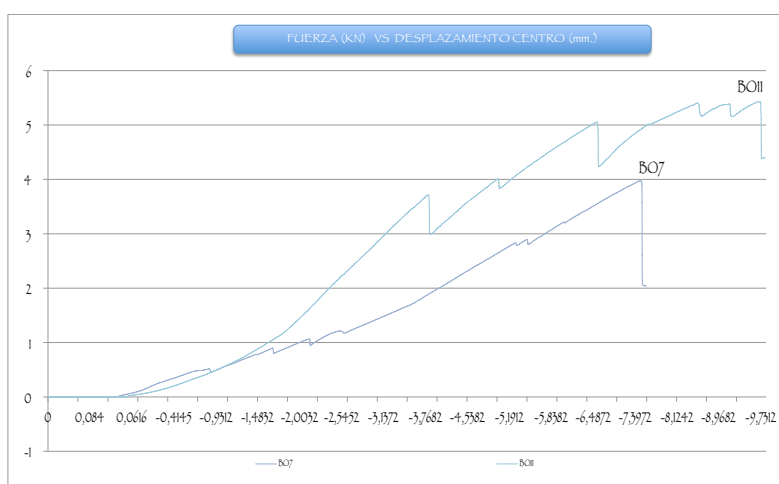
| Cod. Revest./Refuerzo | Descripción  | ID. Bóvedas  |
|-----------------------|--|--------------|
| RY1                   | Sin refuerzo. Revestimiento continuo de 1 cm de yeso   | C1BA1RY1BO1  |
|                       |  | C2BA2RY1BO2  |
|                       |  | C1BA3RY1BO3  |
|                       |  | C1BA4RY1BO4  |
|                       |  | C1BA5RY1BO5  |
|                       |  | C1BA6RY1BO6  |
| RY2                   | Refuerzo con malla de fibra de vidrio 4x4mm  | C1BA1RY2BO7  |
|                       |  | C1BA5RY2BO11 |
| RY3                   | Refuerzo con malla de fibra de vidrio de 9x9mm   | C1BA2RY3BO8  |
|                       |  | C1BA6RY3BO12 |
| RY4                   | Refuerzo con fibras naturales (200 grms de esparto por bóvedas)  | C1BA3RY4BO9  |
|                       |  | C1BA4RY4BO10 |
| RY5                   | Refuerzo con malla metálica adherida mediante mortero a base de cal hidráulica.  | C1BA1RY5BO13 |
|                       |  | C1BA2RY5BO14 |
| RY6                   | Refuerzo con fibras de carbono adherida a la superficie mediante mortero epoxídico bicomponente (Kimatech TX 311) y aplicación de resina bicomponente (Kimatech EP-in) | C1BA3RY6BO15 |
|                       |  | C1BA4RY6BO16 |

En la primera tanda de ensayos, compuesta por 6 bóvedas sin reforzar, hemos obtenido valores de fuerza dispersos en el momento de rotura. La bóvedas BO4 y BO5 registra valores de rotura de aproximadamente 0,47 KN con unos desplazamientos verticales del punto central, “Clave”, de aproximadamente 1,46 mm. En cambio para la BO2 encontramos un valor de rotura de 0,86 KN, muy superior a los anteriores. La carga media obtenida para las bóvedas sin refuerzo es de 0,624 KN, con una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de 0,3925 KN. Obteniendo una desviación estándar de 0,155 y una varianza de 0,024.



\* Gráfica bóvedas sin refuerzo

Para los refuerzos de malla de fibra de vidrio con cuadrícula de 4 x 4 mm observamos unos valores de rotura de 3,90 KN y 5,43 KN, bóvedas BO7 y BO11 respectivamente. La media obtenida oscila alrededor de los 4,7 KN.



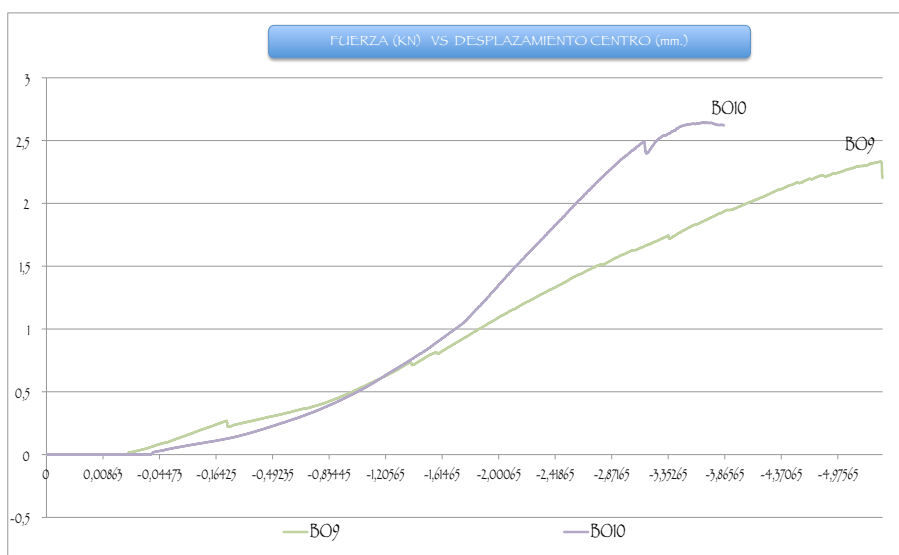
\* Gráfica bóvedas con refuerzo de malla de fibra de vidrio 4x4 mm

En el refuerzo de mallas de fibra de vidrio con cuadrícula 9 x 9 mm. encontramos valores muy similares en la carga de rotura, obteniendo una carga media de 4,48 kN.



\* Gráfica bóvedas con refuerzo de malla de fibra de vidrio 9x9 mm

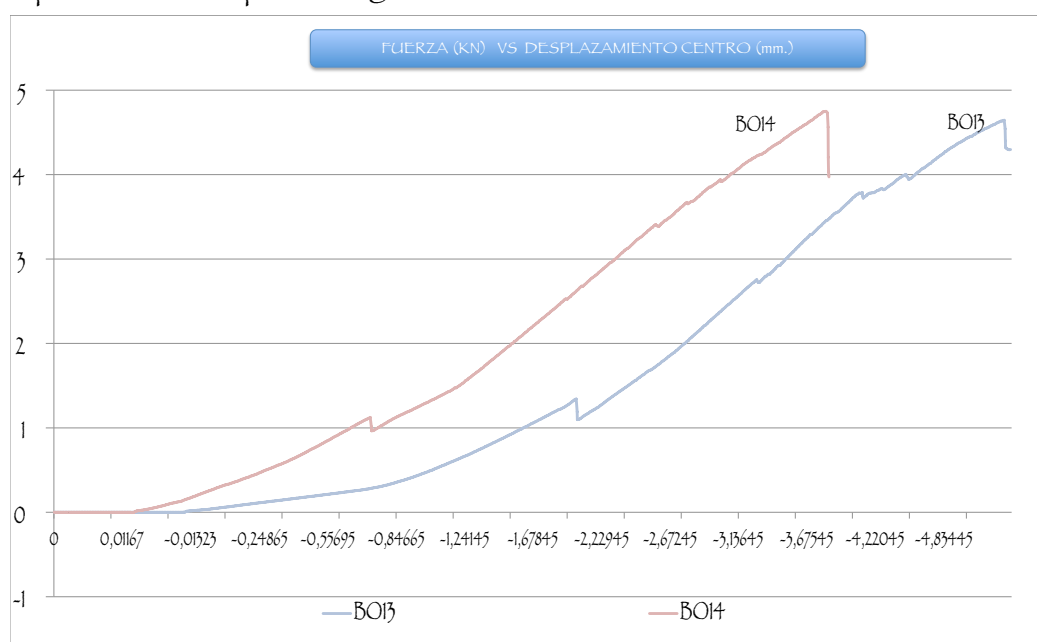
Al igual que con la malla de fibras de vidrio, en los ensayos de las bóvedas con refuerzo mediante esparto, los valores también se presentan similares entre sí. En la bóveda BO10 observamos el valor más elevado, alcanzando una carga de 2,64 kN frente a los 2,33 kN en la bóveda BO9.



\* Gráfica bóvedas con refuerzo de fibras naturales (Esparto.)



Hasta ahora las bóvedas analizadas tenían en común el tipo de conglomerante empleado en la colocación de los refuerzo, sin embargo en el refuerzo mediante la malla metálica introducimos una nueva variable, el mortero. Para la BO13 y BO14 empleamos un tipo de mortero a base de cal hidráulica, que una vez finalizada la colocación del refuerzo tenía un espesor aproximado de 6 mm. Para homogeneizar el espesor al resto de bóvedas decidimos ejecutar un revestimiento superficial con yeso hasta alcanzar los 10 mm. En los ensayos obtuvimos una carga media de 4,69 KN., muy similares a los refuerzos de malla de fibra de vidrio. Cabe destacar que el ensayo lo realizamos a los 9 días de su ejecución por la necesidad de cerrar este proyecto. Según la ficha técnica del mortero, éste alcanza su valor máximo a compresión a los 28 días. Es de esperar que en los futuros ensayos previstos podamos obtener valores más elevados si respetamos sus tiempos de fraguado.

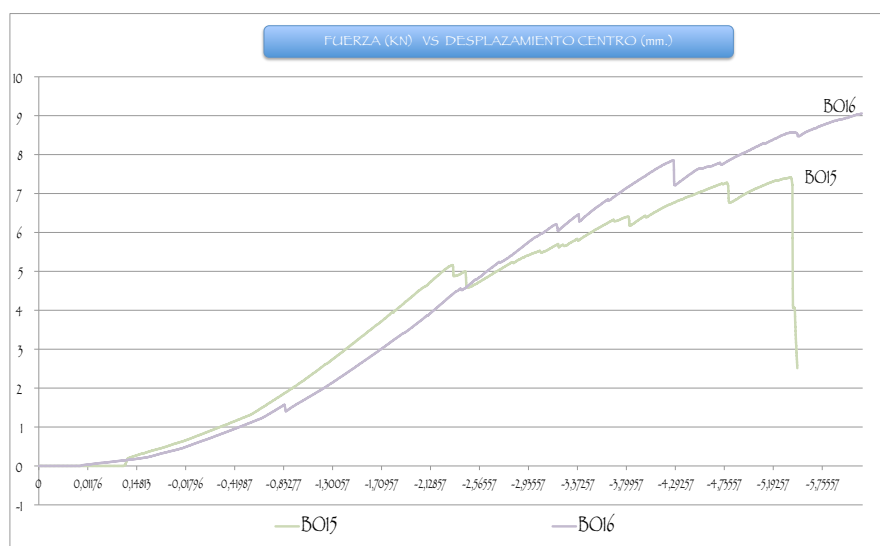


\* Gráfica bóvedas con refuerzo de malla metálica.

Para las dos últimas bóvedas empleamos fibras de carbono aplicadas con mortero epoxídico bicomponente y resina. Al igual que en la anterior, la ejecución del refuerzo incrementaba en unos 5 mm. el espesor del recubrimiento, obligándonos a ejecutar una capa de yeso hasta finalizar un recubrimiento total de 10 mm..

En este caso los valores de carga máxima de rotura de una de las bóvedas se aproximó a una tonelada. La bóveda BO16 alcanzó una carga de 9,25 KN, momento en que se produjo la rotura de los ladrillos.

En la bóveda BO15 registramos una carga de 7,42 KN, siendo este tipo de refuerzo el que aporta un mejor comportamiento mecánico al sistema.



\* Gráfica bóvedas con refuerzo de fibras de carbono

Tras el análisis comparativo de los valores de fuerza registrado en los ensayos, observamos que todos los refuerzos aplicados le proporcionan una resistencia adicional al sistema constructivo original, considerando éste las bóvedas clasificadas con el tipo de recubrimiento RY1.

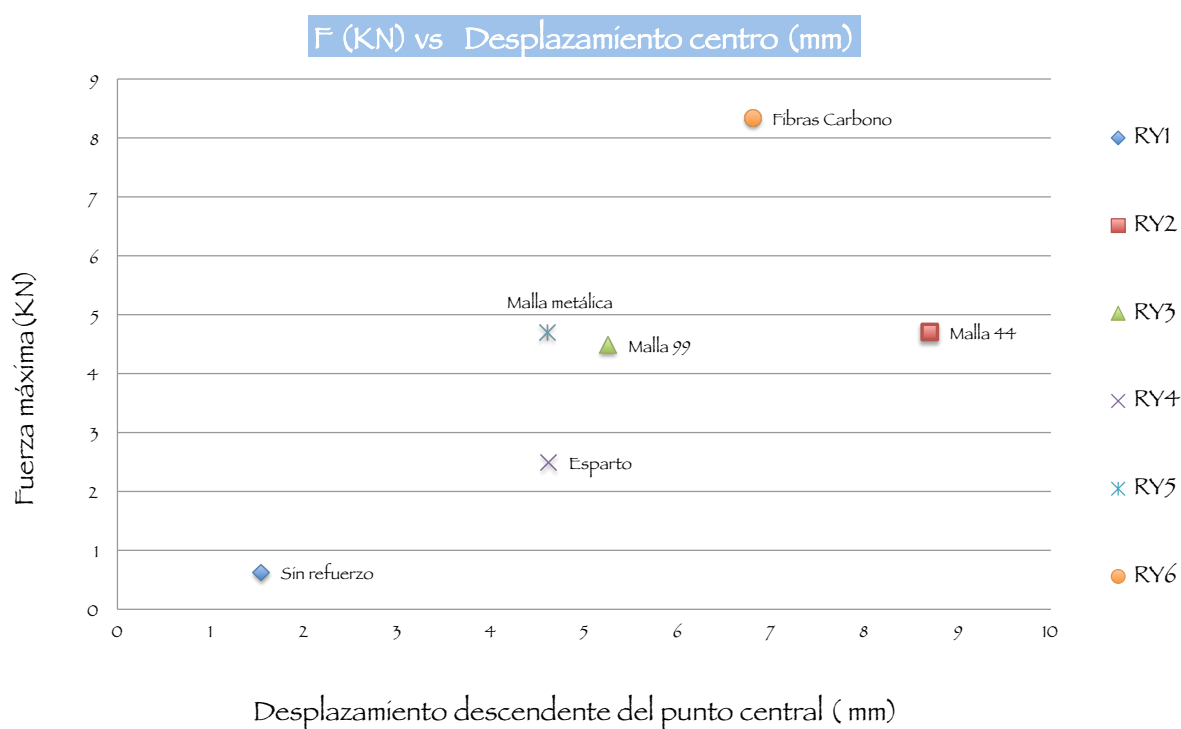
En un principio con el esparto, material que ha sido empleado durante siglos para proporcionar a los conglomerantes cierta resistencia a tracción, conseguimos multiplicar la resistencia. Pasando de los 0,62 KN en los ensayos sin refuerzo (RY1) hasta alcanzar los 2,49 KN en los refuerzos mediante la aplicación de esparto (RY4).

En los refuerzos de malla de fibra de vidrio (RY2 y RY3) y la malla metálica (RY5) obtenemos valores muy similares, las cargas medias de rotura están comprendidas entre los 4,4 KN y 4,7 KN, multiplicando por 7,5 la resistencia, tomando siempre como base las bóvedas sin refuerzo.

Por último el refuerzo mediante fibras de carbono nos ofrece un considerable aumento en la propiedades mecánicas del sistema constructivo, presentando una resistencia superior a 13 veces la obtenida en las bóvedas de partida.

En la siguiente tabla se representa la media del valor máximo de rotura según el tipo de refuerzo empleado frente al desplazamiento medio del punto central, “clave”, valores obtenidos por el LVDT 100.1. Observamos en los especímenes sin refuerzo un desplazamiento medio de 1,5 mm en el momento de la rotura, muy inferior al resto de ensayos. El refuerzo de malla metálica y malla de cuadrícula 9x9 mm. presentan valores muy similares tanto en la fuerza de rotura como en el desplazamiento obtenido, encontrando una diferencia significativa en el refuerzo con malla 4x4 mm, obteniendo una carga de rotura similar a las anteriores con una tolerancia de aproximadamente 3 mm más en su desplazamiento descendente de la clave.

Sobre los datos del refuerzo de fibras de carbono, como anteriormente se ha comentado es capaz de soportar 13 veces la carga admisible de las bóvedas sin refuerzo, multiplicando por 4 el valor del desplazamiento del punto central.



En cuanto al modo de rotura, se observa de forma visual la aparición de una única fisura transversal, sobre las juntas y siguiendo su línea, en las bóvedas sin recubrimiento. El colapso de estas bóvedas en todos los casos se ha podido apreciar

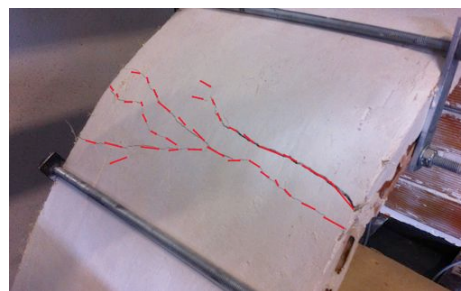
que es causa por fallo en las juntas de unión de yeso, siendo estos puntos donde se encuentra el elemento más débil.

En cambio, en las bóvedas reforzadas con mallas (RY2, RY3 y RY5) se observa que las fisuras también se presentan sobre las juntas o próximas a ellas, pero posteriormente dibujan unas líneas dispersas de forma irregular por toda la superficie del recubrimiento, presentando indicios de que el refuerzo le proporciona cierta cohesión al recubrimiento y las líneas de empuje se reparten por toda la superficie.

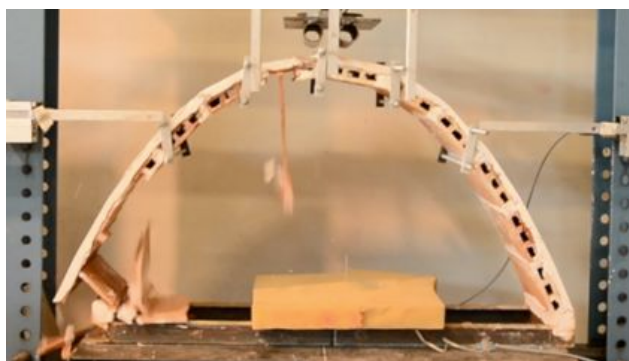
En las bóvedas reforzadas con fibras de carbono apenas podemos observar la aparición de fisuras en el recubrimiento exterior, y en el caso que la pudimos localizar (BO16), observamos que su propagación fue muy lenta, al contrario de las bóvedas sin recubrimiento que su aparición fue instantánea produciendo una rótula. El refuerzo de fibras de carbono le proporciona una mayor rigidez a todo el sistema, produciéndose el fallo por rotura de los ladrillos.



\* Rotura tipo en bóvedas sin refuerzo



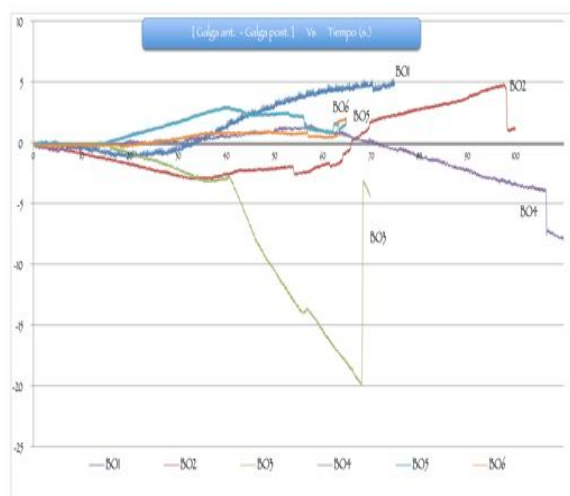
\* Rotura tipo en bóvedas con refuerzo de mallas



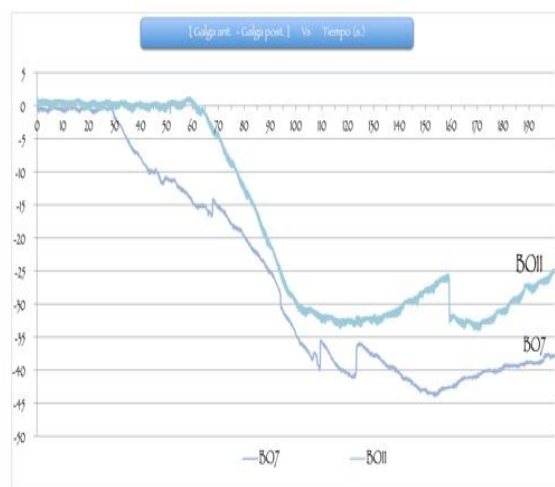
\* Rotura ladrillos (BO16). Refuerzo fibra de carbono

Analizando las gráficas obtenidas de los valores de las galgas extensométricas, no se detecta una diferencia excesiva en los datos registrados, verificando un comportamiento simétrico durante el ensayo. En la siguiente tabla se representan las gráficas obtenidas por la diferencia de las galgas respecto al tiempo (s), diferenciándolas según el tipo de recubrimiento. No se representa la gráfica del refuerzo de esparto.

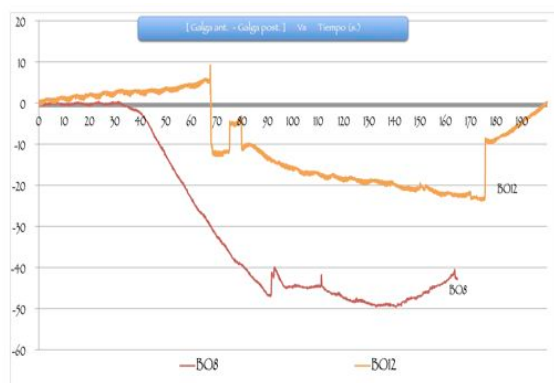
RY1: SIN REFUERZO



RY2: REFUERZO MALLA 4X4 MM



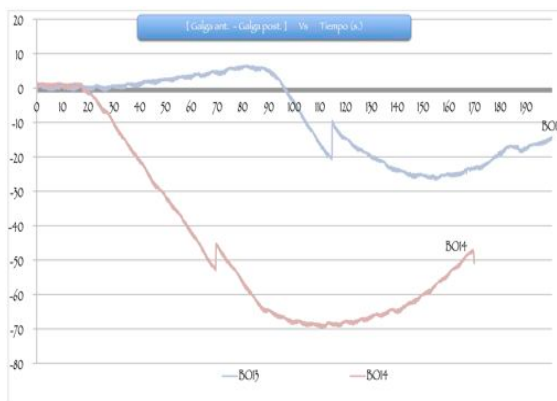
RY3: REFUERZO MALLA 9X9 MM



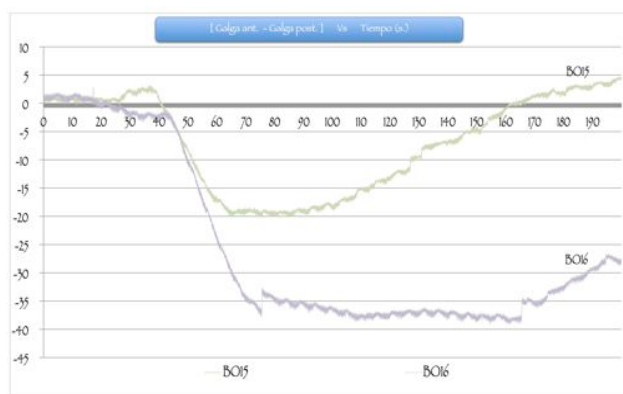
RY4: REFUERZO ESPARTO

Valores no representativos

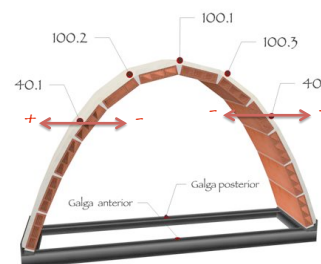
RY5: MALLA METÁLICA



RY6: REFUERZO FIBRAS CARBONO



Los medidores identificados como 40.1 y 40.2 registran los desplazamientos horizontales producidos durante el ensayo. Esto nos ofrece una visión de cómo se comporta la bóveda una vez iniciado el proceso de carga. Como criterios de signos se establece como valores positivos un desplazamiento en dirección al extradós de la bóveda, y como valores negativos un desplazamiento hacia el intradós, tal y como se muestra en la figura.



De forma general observamos unos desplazamientos con valores positivos en los dos LVDT's cuando iniciamos la puesta es carga, con tendencia a abrirse hacia el extradós de la bóveda, sin embargo en algunos casos en particular ( BO7, BO8 y BO13) esta deformación se invierte en el LVDT 40.2 , obteniendo valores negativos que nos indican un desplazamiento hacia el intradós a causa de una asimetría de las cargas.

Durante el desarrollo del proyecto se ha sido especialmente cuidadoso en describir el proceso de ejecución de forma que nos asegurase en la medida de los posible la homogeneidad de los elementos constructivos. Del mismo modo hemos procedido en la anotación de las variable , defectos o fallos que hemos encontrado durante la campaña de ensayos y consideramos apropiado especificar debido a que pueden afectar a los valores y conclusiones.

En primer lugar una variable que podemos encontrar han sido las dimensiones y forma de los ladrillos, durante la selección individual hemos encontrado algunas pequeñas diferencias en las dimensiones , tomando medidas en algunos casos de 12 cm y otros de 11,5 cm de su ancho, obligándonos a ajustar esta diferencia con el espesor de la junta.

También es necesario resaltar los posibles fallos efectuados en la colocación de los ladrillos, minimizados por el empleo de cimbra en donde teníamos marcado el inicio y fin de la posición de cada ladrillo, pero que aun así podemos observar en las fichas de ejecución que algunas juntas presentan unos espesores ligeramente superiores a otras. Otro error cometido fue la aplicación del mortero a base de cal , colocado en la BO13 y BO14, el cual al día siguiente presentaba multitud de fisuras por toda la superficie, pudiendo influir en los resultados finales.

El proyecto que desarrollado cumple con los objetivos inicialmente definidos. Se ha desarrollado una metodología para la construcción y ensayo de bóvedas tabicadas de geometría sencilla, velando por la homogeneidad de las estructuras y el desarrollo correcto de los ensayos y toma de datos experimentales. Se ha evaluado el efecto de diferentes tipos de refuerzos. Se han detectado deficiencias menores de cara a la mejora continua. Se espera que los resultados obtenidos puedan servir como punto de referencia en la realización de campañas posteriores.

## 10. FUTUROS DESARROLLOS.

---

En este espacio mencionaré los futuros desarrollo previsto para realizar con el fin de ampliar los estudios sobre el comportamiento mecánico de las estructuras de fábrica mediante ensayos experimentales a escala de laboratorio, iniciados en este proyecto.

En un principio y continuando con la línea del proyecto, se prevé ampliar el números de ensayos con la misma tipología constructiva llevada a cabo, aplicando los mismos refuerzos, esparto, malla de fibra de vidrio, malla metálica y fibras de carbono, con el objetivo de ampliar las muestras ensayadas para verificar los resultados.

Reproducir con más veracidad el sistema de cargas al que está sometido una bóveda tabicada, de forma que dicha fuerza se aplique más repartida

Se prevé iniciar el estudio mediante ensayos experimentales de bóvedas tabicadas de dos roscas, “doble volta”, el objetivo es obtener resultados que puedan trasladarse al sistema constructivo más generalizado en bóvedas tabicadas.

Uno de los objetivos más ambicioso que se persigue es conseguir implementar un modelo numérico o programar una herramienta informática para predecir a nivel teórico la carga de rotura.



## 11. PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL.

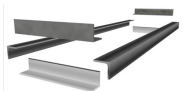
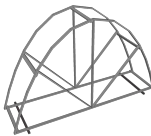
---

## MEDICIONES

| CAPÍTULO I |     | ENSAYOS BÓVEDAS TABICADAS  |            |       |       |      | Med. Total |
|------------|-----|--|------------|-------|-------|------|------------|
| 1.1        | UID | Impresión de cimbra en papel A0  |            |       |       |      | 2,00       |
|            |     | DESCRIPCION  | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial    |
|            |     | Impresión cimbra   | 2          | 1,00  |       |      | 2,000      |
| 1.2        | UID | Bastidor metálico para apoyo de las bóvedas tabicadas, realizado con perfil metálico en forma de L de 40x40 mm y un espesor 4 mm. Incluso mano de obra empleada en cortes, montaje con puntos de soldadura y limpieza de la superficie de trabajo.   |            |       |       |      | 6,00       |
|            |     | DESCRIPCION  | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial    |
|            |     | Bastido metálico   | 6          | 1,00  |       |      | 6,000      |
| 1.3        | UID | Cimbra metálica adaptada a la curva catenaria, realizada con pletina metálica de 4x20 mm y protegida con una capa de pintura sintética, según planos adjuntos. Incluso mano de obra en cortes, montaje y realización de soldaduras, cuñas para descimbrado y sistema de unión entre la cimbra y el bastidor.   |            |       |       |      | 2,00       |
|            |     | DESCRIPCION  | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial    |
|            |     | Cimbra metálica  | 2          | 1,00  |       |      | 2,000      |
| 1.4        | UID | Cimbra de madera compuesta de 2 paneles MDF de 4 mm de espesor protegida con adhesivo plástico, adaptada a la curva catenaria según planos adjuntos. Incluso mano de obra en la realización de cortes, colocación del protector plástico y anclajes mediante tornillos de 8mm.   |            |       |       |      | 1,00       |
|            |     | DESCRIPCION  | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial    |
|            |     | Cimbra madera  | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
| 1.5        | UID | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm. tomados con pasta de yeso rápido (YG) y revestimiento final de enlucida de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo.  |            |       |       |      | 6,00       |
|            |     | DESCRIPCION  | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial    |
|            |     | CI-BA1-RY1-BO1   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
|            |     | C2-BA2-RY1-BO2   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
|            |     | CI-BA3-RY1-BO3   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
|            |     | CI-BA4-RY1-BO4   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
|            |     | CI-BA5-RY1-BO5   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
|            |     | CI-BA6-RY1-BO6   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
| 1.6        | UID | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24cm tomados con pasta de yeso rápido (YG) y reforzado con fibras naturales, <b>esparto</b> (200grms-ud), embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo.  |            |       |       |      | 2,00       |
|            |     | DESCRIPCION  | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial    |
|            |     | CI-BA3-RY4-BO9   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
|            |     | CI-BA4-RY4-BO10  | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
| 1.7        | UID | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24cm tomados con pasta de yeso rápido (YG) y reforzado con malla de fibra de vidrio de luz de cuadrícula 4x4mm, Modelo <b>Armatex 44</b> de la marca Sika, embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo. |            |       |       |      | 2,00       |
|            |     | DESCRIPCION  | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial    |
|            |     | CI-BA3-RY4-BO7   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |
|            |     | CI-BA4-RY4-BO11  | 1          | 1,00  |       |      | 1,000      |

|      |     |   |            |       |       |      |         |
|------|-----|---|------------|-------|-------|------|---------|
| 1.8  | UID | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24cm tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado con malla de fibra de vidrio de luz de cuadrícula 9x9mm , Modelo <b>Armatex 99</b> de la marca Sika, embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo. | 2,00       |       |       |      |         |
|      |     | DESCRIPCION   | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial |
|      |     | CI-BA2-RY3-BO8  | 1          | 1,00  |       |      | 1,000   |
|      |     | CI-BA6-RY3-BO12   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000   |
|      |     |   |            |       |       |      |         |
| 1.9  | UID | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24cm tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado refrendado con malla metálica (KIMIA) , embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo.  | 2,00       |       |       |      |         |
|      |     | DESCRIPCION   | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial |
|      |     | CI-BA1-RYX-BO13   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000   |
|      |     | CI-BA2-RYX-BO14   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000   |
|      |     |   |            |       |       |      |         |
| 1.10 | UID | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24cm tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado fibra de carbono adherida resina, embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo.  | 2,00       |       |       |      |         |
|      |     | DESCRIPCION   | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial |
|      |     | CI-BA3-RYX-BO15   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000   |
|      |     | CI-BA4-RYX-BO16   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000   |
|      |     |   |            |       |       |      |         |
| 1.11 | UID | Galgas extensiométricas Mod. para mediciones durante el ensayo, incluso mano de obra en colocación sobre el bastidor  | 12,00      |       |       |      |         |
|      |     | DESCRIPCION   | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial |
|      |     | Galga extensiométrica   | 12         | 1,00  |       |      | 12,000  |
|      |     |   |            |       |       |      |         |
|      |     |   |            |       |       |      |         |
| 1.12 | UID | Sistema de fijación de LVDT's realizao con perfil metálico hueco de 10x20 mm anclado a soporte realizado con barra de aluminio de escuadria 50x50 mm, según planos adjuntos. Incluso mano de obra empleada en el montaje y pp. De piezas especiales.  | 1,00       |       |       |      |         |
|      |     | DESCRIPCION   | P. Iguales | Largo | Ancho | Alto | Parcial |
|      |     | Sistema sujeción LVDT   | 1          | 1,00  |       |      | 1,000   |
|      |     |   |            |       |       |      |         |
|      |     |   |            |       |       |      |         |

## MEDICIONES KG DE ACERO EMPLEADO

| CAPITULO I |  | ENSAYOS BÓVEDAS TABICADAS |       |       |      |         | Med. Total  | KG/M    | TOTAL     |         |
|------------|--|---------------------------|-------|-------|------|---------|---|---------|-----------|---------|
| KG         | ACERO EMPLEADO PARA LA EJECUCION DE LOS BASTIDORES |                           |       |       |      |         |   | 3,00 m. | 2,42 Kg/m | 7,25 Kg |
|            | DESCRIPCION  | P. Iguales                | Largo | Ancho | Alto | Parcial |  |         |           |         |
|            | Perfil longitudinal                                | 2                         | 1,00  |       |      | 1,996   |   |         |           |         |
|            | Perfil transversal                                 | 4                         | 0,250 |       |      | 1,000   |   |         |           |         |
| KG         | ACERO EMPLEADO PARA LA EJECUCION DE LA CIMBRA      |                           |       |       |      |         |   | 8,93 m. | 0,63 Kg/m | 5,61 Kg |
|            | DESCRIPCION  | P. Iguales                | Largo | Ancho | Alto | Parcial |  |         |           |         |
|            | Perfil longitudinal en la base                     | 2                         | 0,92  |       |      | 1,832   |   |         |           |         |
|            | Rigidizadores transversales                        | 5                         | 0,25  |       |      | 1,250   |   |         |           |         |
|            | Rigidizadores de la curva catenaria                | 4                         | 0,45  |       |      | 1,780   |   |         |           |         |
|            | Rigidizadores de la curva catenaria                | 2                         | 0,53  |       |      | 1,060   |   |         |           |         |
|            | perfil curva catenaria                             | 2                         | 1,51  |       |      | 3,010   |   |         |           |         |

## PRECIOS BÁSICOS

## PRECIOS MANO DE OBRA Y MATERIALES

| Nº Orden   | Código   | MODELO | PRECIO+TRANS | Ud Total en Obra | IMPORTE TOTAL |
|------------|--|--------|--------------|------------------|---------------|
| Oficial 1ª | H. De oficial de 1ª  |        | 18,65        | 36,00            | 671,40        |
| Peón       | Hora de peón yesero  |        | 16,46        | 24,00            | 395,04        |
| Soldador   | H. Soldador  |        | 18,96        | 44,20            | 838,03        |
| Imp.A0     | Impresión folio A0   |        | 3,00         | 2,00             | 6,00          |
| L.40x40mm  | kg. ángulo de 40x40 mm   |        | 0,90         | 43,50            | 39,06         |
| Ac.20x4    | Kg. Pletina plana de 20x4 mm   |        | 1,14         | 11,22            | 12,79         |
| L.3x12x24  | ladrillo cerámico hueco de 3x12x24 cm                                |        | 0,13         | 192,00           | 24,96         |
| Yeso (YG)  | Saco de yeso blanco Ibesplast SO e/20 kg.                            |        | 2,01         | 5,60             | 11,26         |
| Electrodo  | Ud. Electrodo de soldadura   |        | 0,13         | 32,00            | 4,16          |
| Abrazadera | Ud. Abrazadera metálica  |        | 1,20         | 5,00             | 6,00          |
| Tuerca 8mm | Ud. Tuerca de 8 mm   |        | 0,09         | 12,00            | 1,08          |
| Rosca8mm   | Ud. Rosca de 8mm de diámetro y 30 cm de longitud                     |        | 1,03         | 6,00             | 6,18          |
| MDF4mm     | m2 Panel de MDF de 4 mm de espesor                                   |        | 3,82         | 0,46             | 1,76          |
| CintaAdh.  | Ml. Cinta adhesiva de Polipropileno con adhesivo de caucho de 48 mm. |        | 0,02         | 6,00             | 0,12          |
| Esparto    | Kg. Esparto  |        | 2,75         | 0,40             | 1,10          |
| Armatex44  | M2 malla fibra de vidrio 4x4mm                                       |        | 1,25         | 0,78             | 0,98          |
| Armatex99  | M2 malla fibra de vidrio 9x9mm                                       |        | 1,10         | 0,78             | 0,86          |

\* Base de datos del ITEC.

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

| Nº Orden                                    | Código     | CONCEPTO   | IMPORTE UNIDAD | MEDICION TOTAL | IMPORTE TOTAL   |
|---|------------|--|----------------|----------------|-----------------|
| <b>CAPITULO I ENSAYOS BÓVEDAS TABICADAS</b> |            |  |                |                |                 |
| 1.1   | UID        | Impresión de cimbra en papel A0  | 3,00 €         | 2,00           | 6,00 €          |
|   | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento    | P. Básico      | Importe Parcial |
|   | Imp.A0     | Impresión folio A0   | 1,000          | 3,00           | 3,000           |
|   |            |  |                |                |                 |
|   |            |  |                |                |                 |
| 1.2   | UID        | Bastidor metálico para apoyo de las bóvedas tabicadas, realizado con perfil metálico en forma de L de 40x40 mm y un espesor 4 mm. Incluso mano de obra empleada en cortes, montaje con puntos de soldadura y limpieza de la superficie de trabajo.   | 101,83 €       | 6,00           | 610,98 €        |
|   | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento    | P. Básico      | Importe Parcial |
|   | Soldador   | H. Soldador  | 5,000          | 18,96          | 94,800          |
|   | Electrodo  | Ud. Electrodo de soldadura   | 4,000          | 0,13           | 0,520           |
|   | L.40x40mm  | kg. ángulo de 40x40 mm   | 7,250          | 0,90           | 6,511           |
|   |            |  |                |                |                 |
|   |            |  |                |                |                 |
| 1.3   | UID        | Cimbra metálica adaptada a la curva catenaria, realizada con pletina metálica de 4x20 mm y protegida con una capa de pintura sintética, según planos adjuntos. Incluso mano de obra en cortes, montaje y realización de soldaduras, cuñas para descimbrado y sistema de unión entre la cimbra y el bastidor.   | 101,71 €       | 2,00           | 203,43 €        |
|   | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento    | P. Básico      | Importe Parcial |
|   | Soldador   | H. Soldador  | 5,000          | 18,96          | 94,800          |
|   | Electrodo  | Ud. Electrodo de soldadura   | 4,000          | 0,13           | 0,520           |
|   | Ac.20x4    | kg. Pletina plana de 20x4 mm   | 5,609          | 1,14           | 6,394           |
|   |            |  |                |                |                 |
|   |            |  |                |                |                 |
| 1.4   | UID        | Cimbra de madera compuesta de 2 paneles MDF de 4 mm de espesor protegida con adhesivo plástico, adaptada a la curva catenaria según planos adjuntos. Incluso mano de obra en la realización de cortes, colocación del protector plástico y anclajes mediante tornillos de 8mm.   | 46,44 €        | 1,00           | 46,44 €         |
|   | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento    | P. Básico      | Importe Parcial |
|   | Oficial 1ª | H. De oficial de 1ª  | 2,000          | 18,65          | 37,300          |
|   | Tuerca 8mm | Ud. Tuerca de 8 mm   | 12,000         | 0,09           | 1,080           |
|   | Rosca 8mm  | Ud. Rosca de 8mm de diámetro y 30 cm de longitud   | 6,000          | 1,03           | 6,180           |
|   | MDF 4mm    | m2 Panel de MDF de 4 mm de espesor   | 0,460          | 3,82           | 1,757           |
|   | Cinta Adh. | Ml. Cinta adhesiva de Polipropileno con adhesivo   | 6,000          | 0,02           | 0,120           |
|   |            |  |                |                |                 |
|   |            |  |                |                |                 |
| 1.5   | UID        | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm. tomados con pasta de yeso rápido (YG) y revestimiento final de enlucida de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo.  | 54,93 €        | 6,00           | 329,57 €        |
|   | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento    | P. Básico      | Importe Parcial |
|   | L.3x12x24  | ladrillo cerámico hueco de 3x12x24 cm  | 12,000         | 0,13           | 1,560           |
|   | Yeso (YG)  | Saco de yeso blanco Ibesplast SO e/20 kg.  | 0,350          | 2,01           | 0,704           |
|   |            |  |                |                |                 |
|   | Oficial 1ª | H. De oficial de 1ª  | 1,500          | 18,65          | 27,975          |
|   | Peón       | Hora de peón yesero  | 1,500          | 16,46          | 24,690          |
|   |            |  |                |                |                 |
|   |            |  |                |                |                 |
| 1.6   | UID        | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24cm tomados con pasta de yeso rápido (YG) y reforzado con fibras naturales, esparto (200grms-ud), embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo. | 55,48 €        | 2,00           | 110,96 €        |
|   | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento    | P. Básico      | Importe Parcial |
|   | L.3x12x24  | ladrillo cerámico hueco de 3x12x24 cm  | 12,000         | 0,13           | 1,560           |
|   | Yeso (YG)  | Saco de yeso blanco Ibesplast SO e/20 kg.  | 0,350          | 2,01           | 0,704           |
|   | Esparto    | kg. Esparto  | 0,200          | 2,75           | 0,550           |

|      |            |  |             |           |                 |
|------|------------|--|-------------|-----------|-----------------|
|      | Oficial 1ª | H. De oficial de 1ª  | 1,500       | 18,65     | 27,975          |
|      | Peón       | Hora de peón yesero  | 1,500       | 16,46     | 24,690          |
| 1.7  | UID        | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado con malla de fibra de vidrio de luz de cuadrícula 4x4mm, Modelo Armatex 44 de la marca Sika, embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo. | 55,42 €     | 2,00      | 110,83 €        |
|      | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento | P. Básico | Importe Parcial |
|      | L. 3x12x24 | ladrillo cerámico hueco de 3x12x24 cm  | 12,000      | 0,13      | 1,560           |
|      | Yeso (YG)  | Saco de yeso blanco Ibesplast SO e/20 kg.  | 0,350       | 2,01      | 0,704           |
|      | Armatex 44 | M2 malla fibra de vidrio 4x4mm   | 0,390       | 1,25      | 0,488           |
|      | Oficial 1ª | H. De oficial de 1ª  | 1,500       | 18,65     | 27,975          |
|      | Peón       | Hora de peón yesero  | 1,500       | 16,46     | 24,690          |
| 1.8  | UID        | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado con malla de fibra de vidrio de luz de cuadrícula 9x9mm, Modelo Armatex 99 de la marca Sika, embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado,  | 55,36 €     | 2,00      | 110,72 €        |
|      | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento | P. Básico | Importe Parcial |
|      | L. 3x12x24 | ladrillo cerámico hueco de 3x12x24 cm  | 12,000      | 0,13      | 1,560           |
|      | Yeso (YG)  | Saco de yeso blanco Ibesplast SO e/20 kg.  | 0,350       | 2,01      | 0,704           |
|      | Armatex 99 | M2 malla fibra de vidrio 9x9mm   | 0,390       | 1,10      | 0,429           |
|      | Oficial 1ª | H. De oficial de 1ª  | 1,500       | 18,65     | 27,975          |
|      | Peón       | Hora de peón yesero  | 1,500       | 16,46     | 24,690          |
| 1.9  | UID        | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado reforzada con malla metálica (KIMIA), embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento,  | 54,93 €     | 2,00      | 109,86 €        |
|      | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento | P. Básico | Importe Parcial |
|      | L. 3x12x24 | ladrillo cerámico hueco de 3x12x24 cm  | 12,000      | 0,13      | 1,560           |
|      | Yeso (YG)  | Saco de yeso blanco Ibesplast SO e/20 kg.  | 0,350       | 2,01      | 0,704           |
|      | Oficial 1ª | H. De oficial de 1ª  | 1,500       | 18,65     | 27,975          |
|      | Peón       | Hora de peón yesero  | 1,500       | 16,46     | 24,690          |
| 1.10 | UID        | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado fribra de carbono adherida resina, embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo.   | 54,93 €     | 2,00      | 109,86 €        |
|      | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento | P. Básico | Importe Parcial |
|      | L. 3x12x24 | ladrillo cerámico hueco de 3x12x24 cm  | 12,000      | 0,13      | 1,560           |
|      | Yeso (YG)  | Saco de yeso blanco Ibesplast SO e/20 kg.  | 0,350       | 2,01      | 0,704           |
|      | Oficial 1ª | H. De oficial de 1ª  | 1,500       | 18,65     | 27,975          |
|      | Peón       | Hora de peón yesero  | 1,500       | 16,46     | 24,690          |
| 1.11 | UID        | Galgas extensiométricas Mod. para mediciones durante el ensayo, incluso mano de obra en colocación sobre el bastidor   | 6,64 €      | 12,00     | 79,63 €         |
|      | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento | P. Básico | Importe Parcial |
|      | Soldador   | H. Soldador  | 0,350       | 18,96     | 6,636           |
|      |            |  |             |           |                 |
|      |            |  |             |           |                 |
| 1.12 | UID        | Sistema de fijación de LVDT's realizazo con perfil metálico hueco de 10x20 mm anclado a soporte realizado con barra de aluminio de escuadria 50x50 mm, según planos adjuntos. Incluso mano de obra empleada en el montaje y pp. De piezas especiales.  | 192,50 €    | 1,00      | 192,50 €        |
|      | CODIGO     | COMPONENTES  | Rendimiento | P. Básico | Importe Parcial |
|      | Oficial 1ª | H. De oficial de 1ª  | 10,000      | 18,65     | 186,500         |
|      | Abrazadera | Ud. Abrazadera metálica  | 3,000       | 1,20      | 6,000           |
|      |            |  |             |           |                 |
|      |            |  |             |           |                 |



## RESUMEN PRESUPUESTO

| CONCEPTO                             |    | IMPORTE UNIDAD  | MEDICION TOTAL | IMPORTE TOTAL |          |
|--------------------------------------|----|---|----------------|---------------|----------|
| CAPITULO I ENSAYOS BÓVEDAS TABICADAS |    |   |                |               |          |
| 1.1                                  | UD | Impresión de cimbra en papel A0   | 3,00 €         | 2,00          | 6,00 €   |
| 1.2                                  | UD | Bastidor metálico para apoyo de las bóvedas tabicadas, realizado con perfil metálico en forma de L de 40x40 mm y un espesor 4 mm. Incluso mano de obra empleada en cortes, montaje con puntos de soldadura y limpieza de la superficie de trabajo.  | 101,83 €       | 6,00          | 610,98 € |
| 1.3                                  | UD | Cimbra metálica adaptada a la curva catenaria, realizada con pletina metálica de 4x20 mm y protegida con una capa de pintura sintética, según planos adjuntos. Incluso mano de obra en cortes, montaje y realización de soldaduras, cuñas para descimbrado y sistema de unión entre la cimbra y el bastidor.  | 101,71 €       | 2,00          | 203,43 € |
| 1.4                                  | UD | Cimbra de madera compuesta de 2 paneles MDF de 4 mm de espesor protegida con adhesivo plástico, adaptada a la curva catenaria según planos adjuntos. Incluso mano de obra en la realización de cortes, colocación del protector plástico y anclajes mediante tornillos de 8mm.  | 46,44 €        | 1,00          | 46,44 €  |
| 1.5                                  | UD | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm. tomados con pasta de yeso rapido (YG) y revestimiento final de enlucida de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo.   | 54,93 €        | 6,00          | 329,57 € |
| 1.6                                  | UD | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm. tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado con fibras naturales, esparto (200grms-ud), embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo.  | 55,48 €        | 2,00          | 110,96 € |
| 1.7                                  | UD | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm. tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado con malla de fibra de vidrio de luz de cuadrícula 4x4mm, Modelo Armatex 44 de la marca Sika, embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo. | 55,42 €        | 2,00          | 110,83 € |
| 1.8                                  | UD | Sistema de fijación de LVDT's realizazo con perfil metálico hueco de 10x20 mm anclado a soporte realizado con barra de aluminio de escuadria 50x50 mm, según planos adjuntos. Incluso mano de obra empleada en el montaje y pp. De piezas especiales.   | 55,36 €        | 2,00          | 110,72 € |
| 1.9                                  | UD | Sistema de fijación de LVDT's realizazo con perfil metálico hueco de 10x20 mm anclado a soporte realizado con barra de aluminio de escuadria 50x50 mm, según planos adjuntos. Incluso mano de obra empleada en el montaje y pp. De piezas especiales.   | 54,93 €        | 2,00          | 109,86 € |
| 1.10                                 | UD | Bóveda tabicada con ladrillos cerámico hueco 3x12x24 cm. tomados con pasta de yeso rapido (YG) y reforzado fibra de carbono adherida resina, embebida en el recubrimiento de yeso de 1 cm de espesor aproximadamente. Incluso mano de obra empleada en la colocación del bastido, cimbra, nivelado, aplomado, ejecución de la tabiquería, ejecución del revestimiento, descimbrado, almacenamiento y limpieza de la superficie de trabajo.  | 54,93 €        | 2,00          | 109,86 € |
| 1.11                                 | UD | Galgas extensiométricas Mod. para mediciones durante el ensayo, incluso mano de obra en colocación sobre el bastidor  | 6,64 €         | 12,00         | 79,63 €  |
| 1.12                                 | UD | Sistema de fijación de LVDT's realizazo con perfil metálico hueco de 10x20 mm anclado a soporte realizado con barra de aluminio de escuadria 50x50 mm, según planos adjuntos. Incluso mano de obra empleada en el montaje y pp. De piezas especiales.   | 192,50 €       | 1,00          | 192,50 € |
| BASE IMPONIBLE                       |    |   |                | 2.020,77 €    |          |
| 21% DE IVA                           |    |   |                | 424,36 €      |          |
| IMPORTE TOTAL                        |    |   |                | 2.445,13 €    |          |

## 12. BIBLIOGRAFÍA.

---

VÁZQUEZ FERNÁNDEZ, M., LÓPEZ PÉREZ, E. (1991). *Mecánica para ingenieros*. Madrid: Cofas. S.A.

MAS-GUINDAL LAFARGA, A. J. (2010). *Mecánica de las estructuras antiguas ó cuando las estructuras no se calculaban*. Madrid: Munilla – Lería.

FORNÉS Y GURREA, M. (1841) *Observaciones sobre la práctica del arte de edificar*. Valencia: Imprenta del Cabrerizo.

SAN NICOLÁS, FRAY LORENZO DE. (1796). *Arte y uso de arquitectura. Primera parte*. Madrid : D. Plácido Barco López

COLLIINS, G. R. ( \_\_\_\_ ). *El paso de las cáscaras delgadas de fábrica desde España a América*. Madrid: EFCA

SOLER-VERDÚ, R., SOLER-ESTRELA, A. (2015). Tipología de cúpulas tabicadas. Geometría y construcción en la Valencia del siglo XVIII. Informes de la Construcción, 67(538): e078, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.180>.

RUBIO DOMENE, R. F. (2006). Yeso: comportamiento y conservación . Cuadernos de restauración nº6.

FORTEA LUNA, M. (2009). *Origen de la bóveda tabicada*. Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la construcción, Valencia, 21-24 Octubre 2009. Eds S. Huerta, R. Marín, A. Zaragoza. Madrid: Instituto Juan Herrera, 2009.

PITARCH ROIG, A. M., SAÉZ RIQUELME, B.. La cúpula de la iglesia de Villahermosa del Río, en el inicio de la construcción académista. Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la construcción, Valencia, 21-24 Octubre 2009. Eds S. Huerta, R. Marín, A.

Zaragoza. Madrid: Instituto Juan Herrera, 2009.

SOLER-ESTELA, A., CABEZA GONZÁLES, M., MÁÑEZ PITARCH, M. J., SÁEZ RIQUELME, B. (2011). *Geometría y construcción en la iglesia arciprestal de Sant Matéu (Castellón): las trazas de los sistemas abovedados*. Actas del Séptimo Congreso de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011, eds. S. Huerta, I. Gil Crespo, S. García, M. Taín. Madrid: Instituto Juan Herrera, 2011.

ROTAECHE, M. (2013). Rafael Guastavino Moreno, Maestro de Obras en España: del taller de sastrería al <<Privilegio de Invención>>. Huerta, Santiago y Fabián López, Ulloa (eds.) 2013. Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid, 9-12 de Octubre de 2003. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

GARCÍA LISÓN, M., ZARAGOZÁ CATALÁN, A. (1982). "Les pallisses" i "les casetes de volta". Benicarló.

HUERTA, S. (2001). *La mecánica de las bóvedas tabicadas en su contexto histórico: la aportación de los Guastavino*. En: Las bóvedas de Guastavino en América, ed. Por S. Huerta. Madrid: Instituto de Herrera, 2001. Pp 87-112.

HUERTA, S. (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas: Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: www.reverte.com.

HUERTA, S. (2005). *Mecánica de las bóvedas tabicadas*.

ZARAGOZÁ CATALÁN, A. (2000). *Modos de construir en la Valencia medieval: Bóvedas*. T1 Arquitectura Gótica: Generalidad Valenciana, Valencia, 2000.

ZARAGOZÁ CATALÁN, A., IBORRA BERNAD, F. (2005). *Otros Góticos: Bóvedas de crucería con nervios de ladrillo aplanillado y de yeso, nervios curvos, claves de bayoneta, plementerías tabicadas, cubiertas planas y cubiertas inclinadas*. Valencia.

ZARAGOZÁ CATALÁN, A. (2012). << *Hacia una historia de las bóvedas tabicadas*>>. En *Construyendo bóvedas tabicadas. Actas del Simposio Internacional sobre bóvedas tabicadas*. Valencia, 26-28 mayo 2011. Zaragoza, A., Soler R., Marín R. (eds). 2012. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

ZARAGOZÁ, A., SOLER, R., MARÍN, R. (eds) 2012. *Constuyendo Bóvedas Tabicadas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas*. Valencia, 26-28 mayo 2011. Zaragoza, A., Soler, R., Marín, R. (eds.) 2012. Valencia: universidad Politécnica de Valencia.

ZARAGOZÁ, A., IBÁÑEZ, J. (2011). << *Materiales, técnicas y significados en torno a la arquitectura de la Corona de Aragón en tiempos del Compromiso de Caspe (1410-1412)*>>. Artígrama, nº 26, pp 12-102.

PERÉZ DE LOS RÍOS, C., ZARAGOZÁ CATALÁN, A. (2013). *Bóvedas de crucería con enjarjes de nervios convergentes que emergen del muro en el área valenciana, ss. XIV-XV*. Huerta, Santiago y Fabián López Ulloa (eds.) 2013. Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid, 9-12 de octubre de 2013. Madrid: instituto Juan de Herrera.

PERÉZ DE LOS RÍOS, C., ZARAGOZÁ CATALÁN, A. (2014). *Bóvedas de crucería con enjarjes de nervios convergentes que emergen del muro en el área valenciana, ss. XIV-XV (y2)*. Valencia.

DE LA PLAZA ESCUDERO, L. (2008). *Diccionario visual de términos arquitectónicos*. Madrid: Cátedra ( Grupo Anaya, S.A.), 2008

UNE-EN 13279-1. NORMA ESPAÑOLA (2006) . *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción*. Parte 1: Definiciones y especificaciones.

UNE-EN 13279-2. NORMA ESPAÑOLA (2006) . *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción*. Parte 2 : Métodos de ensayo.

REDONDO MARTÍNEZ, E. (2013). *La bóveda tabicada en España en el siglo XIX: La transformación de un sistema constructivo*. Tesis Doctoral. Madrid: Departamento de Estructuras de Edificación. Escuela Técnica Superior de Arquitectura

GONZALO SÁNCHEZ, V. (2012). *Morteros de barro con estabilizadores de con fibras de paja, esparto y sisal para su uso como revestimientos*. Trabajo fin de Máster. Universidad Politécnica de Madrid.

FORTEA LUNA, M. (2013). *Análisis estructural de bóvedas de fábrica. La eficacia de la geometría*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

IBERTEST. (\_\_\_\_). *Modo de empleo. Máquina Ibertest Modelo MEHB-1500/PDIB-100/SW*. Madrid : Daganzo.

## Página web

SCHREIBER-MESSTECHNIK. < <http://www.schreiber-messtechnik.de/deutsch/produkte.html> >. [Consulta : 25 de Septiembre 2015].

WIN-TEST. [http://www.win-test.com/rubrique.php3?id\\_rubrique=3300](http://www.win-test.com/rubrique.php3?id_rubrique=3300). [Consulta : 25 de Septiembre 2015].

VAULT ZAFRA. <<http://www.vaultzafra.com/es/>>. [Consulta : 27 de Septiembre 2015].

HBM. ESPAÑA. <http://www.hbm.com/en/2290/catman-data-acquisition-software/>. [Consulta : 25 de Septiembre 2015].

WIKIPEDIA.  
<[https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador\\_diferencial\\_de\\_variación\\_lineal](https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador_diferencial_de_variación_lineal)>. [Consulta : 25 de Septiembre 2015].

WIKIPEDIA. <[https://es.wikipedia.org/wiki/Galga\\_extensiométrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Galga_extensiométrica)>. [Consulta : 26 de Septiembre 2015].

WIKIPEDIA. <[https://es.wikipedia.org/wiki/Celda\\_de\\_carga](https://es.wikipedia.org/wiki/Celda_de_carga)>. [Consulta : 26 de Septiembre 2015].

## Vídeos.

ENSAYO ROTURA ARCO TABICADO.

<<https://www.youtube.com/watch?v=CZkgIRa5Hc>>. [Consulta: 5 de Marzo 2015].

2013 06 03 ENSAYO DE ROTURA DE UNA BÓVEDA TABICADA (2,30 M LUZ-  
ESPESOR 6 CM). <<https://www.youtube.com/watch?v=5e8L4m4q7fo>>. [Consulta: 2 de Junio 2015].

Curso bóvedas tabicadas feb 2015 - Ejecución de bóveda vaída.

<https://www.youtube.com/watch?v=hKgDAGeuuFs>>. >. [Consulta: 5 de Marzo 2015].

Maqueta bóveda tabicada catalana de pañuelo o baída vídeo nº 141 2ª parte.

<https://www.youtube.com/watch?v=nhwYUF-gtlc>. [Consulta: 5 de Marzo 2015].

Cómo construir un techo con bóveda catalana 3ª parte vídeo nº 109.

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_sWUElGuBRo](https://www.youtube.com/watch?v=_sWUElGuBRo). [Consulta: 5 de Marzo 2015].

### 13. ENLACES VIDEOS

#### VIDEOS DURANTE LA EJECUCIÓN

|                 |   |
|-----------------|---|
| CI-BA3-RY4-BO9  | <a href="https://youtu.be/QTdF-Cxngxs">https://youtu.be/QTdF-Cxngxs</a>                               |
| CI-BA4-RY4-BO10 | <a href="https://youtu.be/Nq65WMBQnNU">https://youtu.be/Nq65WMBQnNU</a>                               |
| CI-BA1-RY5-BO13 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Xz8Ef_jG_mg">https://www.youtube.com/watch?v=Xz8Ef_jG_mg</a> |
| CI-BA3-RY6-BO15 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=8I6oHdOJpuA">https://www.youtube.com/watch?v=8I6oHdOJpuA</a> |

#### VIDEOS DE LOS ENSAYOS

|                 |   |
|-----------------|---|
| CI-BA1-RY1-BO1  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=ocfCgBmliYs">https://www.youtube.com/watch?v=ocfCgBmliYs</a>           |
| C2-BA2-RY1-BO2  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=-Na48MB7dqY">https://www.youtube.com/watch?v=-Na48MB7dqY</a>           |
| CI-BA3-RY1-BO3  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=FYN5imp3IG8">https://www.youtube.com/watch?v=FYN5imp3IG8</a> (EDITADA) |
| CI-BA4-RY1-BO4  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=_FcGPrHevfk">https://www.youtube.com/watch?v=_FcGPrHevfk</a>           |
| CI-BA5-RY1-BO5  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=OFZowJBAXpQ">https://www.youtube.com/watch?v=OFZowJBAXpQ</a>           |
| CI-BA6-RY1-BO6  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=OFZowJBAXpQ">https://www.youtube.com/watch?v=OFZowJBAXpQ</a>           |
| CI-BA1-RY2-BO7  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=kft0jppbLHI">https://www.youtube.com/watch?v=kft0jppbLHI</a>           |
| CI-BA2-RY3-BO8  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=MMZA9xUSMwk">https://www.youtube.com/watch?v=MMZA9xUSMwk</a>           |
| CI-BA3-RY4-BO9  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Ja8PUYfOVh4">https://www.youtube.com/watch?v=Ja8PUYfOVh4</a>           |
| CI-BA4-RY4-BO10 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=CtFJSVp8beU">https://www.youtube.com/watch?v=CtFJSVp8beU</a>           |
| CI-BA5-RY2-BO11 | <a href="https://youtu.be/gJ3ENVpRWFw">https://youtu.be/gJ3ENVpRWFw</a>   |
| CI-BA6-RY3-BO12 | <a href="https://youtu.be/oBzFNxK8dY4">https://youtu.be/oBzFNxK8dY4</a>   |
| CI-BA1-RY5-BO13 | <a href="https://youtu.be/-KXjlthmM8o">https://youtu.be/-KXjlthmM8o</a>   |
| CI-BA2-RY5-BO14 | <a href="https://youtu.be/i_TpqzRiow8">https://youtu.be/i_TpqzRiow8</a>   |
| CI-BA3-RY6-BO15 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=QAsRNjB5Alw">https://www.youtube.com/watch?v=QAsRNjB5Alw</a>           |
| CI-BA4-RY6-BO16 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=DS6A5TRUp_k">https://www.youtube.com/watch?v=DS6A5TRUp_k</a>           |